



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROYECTO FIN DE MÁSTER

MASTER EN INGENIERÍA DE AUTOMOCIÓN

**Movilidad eléctrica asociada a una vivienda
alimentada con energías renovable, para
aprovechar la generación.**

Autor: HICHAM KASMI

Director: Ricard Bosch Tous.

BARCELONA, 4 DE JUNIO de 2015

Contenido

0. Introducción.....	6
0.1. Motivación.....	7
0.2. Objeto del proyecto	7
0.3. Objetivo del proyecto.	7
0.4. Alcance.	7
1. Antecedentes.....	8
1.1. Ubicación del pueblo.	8
1.2. Criterios generales de diseño.	9
2. La Energía Solar Fotovoltaica.	10
2.1. Elección de la energía solar fotovoltaica.	11
2.2. Introducción.....	12
2.3. El efecto fotoeléctrico.....	17
2.4. El efecto fotovoltaico.....	21
2.5. Estrategias de integración arquitectónica.	22
2.6. Estructura de montaje.	22
2.7. Componentes de una instalación solar fotovoltaica.	23
2.7.1. La célula solar.....	23
2.7.2. Los módulos fotovoltaicos.	29
2.7.3. Las conexiones de los módulos solares.	32
2.7.4. Acumuladores de energía eléctrica.....	34
2.7.5. Mantenimiento y medidas de seguridad de una batería.....	36
2.7.6. Regulación de carga de acumuladores electroquímicos.	37
2.7.7. El convertidor de energía eléctrica cc/ca.	38
2.7.8. Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas.....	40
3. Energía eólica.	41
3.1 Introducción.....	41
3.2. Estudio de las tecnologías existentes.....	43
3.3. Producción eólica por países.	44
3.4. Producción eólica en Marruecos.	44
3.5. Caracterización energética del viento.....	47
3.6. Tipos de aerogeneradores.	48
3.7. Área de barrido del rotor.	50
3.8. La potencia del viento.....	52

3.9. Torre.	53
3.10. Distribución Weibull.	54
3.11. Rosa de los vientos.	56
3.12. Teoría de Betz.....	57
3.13. Mapa eólico de Marruecos.	59
4. Demanda y generación de energía eólica.	60
5. Sistemas híbridos fotovoltaicos-eólicos.	61
6. Vehículos eléctricos.....	62
6.1 Definición y tipos de Vehículos Eléctricos.	62
6.1.1 Vehículo eléctrico de Batería (VE).	63
6.1.2 Vehículo Híbrido Eléctrico.....	63
6.1.3 Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable.	63
6.2 Baterías.	63
6.2.1 Tipos de Baterías.	64
6.2.2 Perspectivas de las Baterías.....	66
6.3. Tipos de carga.....	67
6.4. Modos de carga.....	67
7. Requisitos de diseño.	68
7.1. Ubicación.....	68
7.2. Edificaciones.	68
7.3. Potencia instalada.	69
8. Cálculos.	71
8.1. Potencia instalada en la vivienda.....	71
8.1.1. Cargas de la vivienda.....	71
8.1.2. Cargas de la vivienda y el vehículo eléctrico.	72
8.2. Sistema eólico.....	73
8.2.1. Velocidad del viento a 20 m de altura en la ubicación escogida.	73
8.2.2. Estimación de la velocidad del viento para una altura de torre de 10 m.	73
8.2.3. Estimación de la energía eléctrica anual producida.....	75
8.2.4. Potencia total de los aerogeneradores a instalar.	80
8.3. Sistema fotovoltaico	81
8.3.1. Potencia nominal y ángulo de inclinación.	81
8.3.2. Pre-dimensionado del sistema fotovoltaico para la casa del pueblo de la BOCANA con PVSYST V5.55.....	82

8.3.2.1. Resultados del pre-dimensionado.....	85
8.3.3. Simulación del sistema fotovoltaico con PVSYST V5.55.	90
8.3.4. Estimación de pérdidas y ratio de producción.....	99
8.3.4.1. Orientación de los módulos fotovoltaicos	100
8.3.4.2. Pérdidas por sombreado.....	100
8.3.4.3. Ratio de producción.....	101
9.3.4.3.1. Pérdidas por temperatura.	101
9.3.4.3.2. Pérdidas en el cableado.....	101
9.3.4.3.3. Pérdidas por suciedad de los paneles.....	101
9.3.4.3.4. Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia....	102
9.3.4.3.5. Rendimiento del inversor y consumo nocturno (en espera).	102
9.3.4.3.6 .Autoconsumos.	102
8.3.5. Panel fotovoltaico seleccionado.	102
8.3.6. Número de módulos.	103
8.3.7. Datos del sistema FV.....	104
8.3.8. La superficie ocupada por el sistema FV.....	106
8.3.9. Regulador FV.	107
8.3.10.El acumulador eléctrico.	108
8.3.11. El inversor.	110
8.3.12. El sistema híbrido a instalar (eólico-solar).	111
8.3.12.1. El sistema eólico.....	112
8.3.12.2. El sistema solar.....	112
8.3.13. Resultados.....	115
8.3.14. Conclusiones del sistema híbrido.	122
8.4. El vehículo eléctrico.	123
8.4.1. El vehículo seleccionado y sus características.	123
8.4.2. Ciclo real de conducción.	125
8.4.3. Tiempo necesario para cargar las baterías del vehículo.	129
9. Dimensionado de los conductores.	130
9.1. Normativa y Reglamentación	130
9.2. Dimensionado del cableado.....	132
9.3. Dimensionado del cable principal de corriente continua.....	134
9.4. Dimensionado del cableado de corriente alterna.	137
9.5. Dimensionado de las protecciones.	138

9.5.1. Protecciones de corriente continua.	138
9.5.2. Protecciones de corriente alterna.	139
10. Obra civil.	140
10.1. Descripción de la zona.	142
11. Presupuesto de la Instalación.	143
12. Bibliografía.	145
13 . Anexos.	146
13.1. Catálogos	146
13.1.1. Modulo fotovoltaico.	146
13.1.2. Catálogo de la estructura de soporte.	148
13.1.3. Inversor VICTRON ENERGY	150
13.1.4. Regulador Sun Star SS-60C	152
13.1.5. Acumuladores estacionarias Powersafe Solar TYS10 100PzS1000.	153
13.1.6. Aerogenerador AIR X 400.	157
14. Planos.	157

0. Introducción.

Para un desarrollo sostenible, las energías renovables son cruciales, abarcando tanto el punto de vista económico como el ambiental y el social. Actualmente las zonas aisladas eléctricamente, aquellas donde no llega la red eléctrica o no están conectadas a las grandes redes de los países desarrollados, pueden beneficiarse de los sistemas descentralizados que utilizan energías renovables. En este caso en particular, el uso de la energía eólica y solar fotovoltaica puede considerarse como una opción para la generación de electricidad en zonas remotas sin emisiones contaminantes y sin dependencia externa. Desde los últimos años los costes de producción, especialmente en cuanto a paneles fotovoltaicos, se ha visto reducido notablemente debido a la producción en gran escala de paneles fotovoltaicos, de tal modo que se han conseguido reducir los costes un 7,5% por año, aumentando la producción un 18% por año. A pesar de esto los rendimientos siguen siendo bajos y los costes relativamente elevados. Por otro lado, las tecnologías utilizadas para el almacenamiento de energía también están evolucionando rápidamente, de tal modo que sus precios disminuyen y la capacidad de almacenaje aumenta. Estos datos son importantes para el futuro papel de la energía renovable tanto en sistemas aislados como no.

En este documento se quiere caracterizar un sistema renovable aislado de la red para una pequeña casa rural, situada en la provincia de Nador en MARRUECOS y con una población aproximada de 425 habitantes. El diseño del sistema está basado en el viento y la radiación solar. A partir de aquí, el sistema propuesto debe asegurar electricidad mediante una base de tecnología eólica y el complemento de energía solar fotovoltaica con el uso de baterías.

El principal problema tecnológico de la mayoría de instalaciones renovables es la predicción de la electricidad generable. En este caso, la predicción del viento depende de las coordenadas de la localización, de la estación anual e incluso del tipo año.

En el caso de la predicción de la radiación solar, es más sencilla, y de manera resumida depende de las coordenadas y la altura del emplazamiento, aunque presenta problemas como la presencia de nubes y la limitación de las horas solares. Debido a estos factores y otros, como pueden ser las paradas de mantenimiento de las instalaciones generadoras, el uso de sistemas de almacenamiento es generalmente imprescindible en los sistemas aislados de la red.

Por otra parte se aprovechará la energía renovable para recarga de un vehículo eléctrico puro, que sería nuestra movilidad a diaria, y de esta manera podemos considerar que la vivienda es puramente sostenible.

0.1. Motivación

Hace 5 años aproximadamente, he implantado una instalación eólica-solar propia en la casa mencionada anteriormente, diseñada por mí, pero creo que está sobredimensionada, porque no he tenido en cuenta ningún cálculo.

Me motiva hacer un nuevo diseño de la instalación, aprovechando el mismo material, y obtener un mejor resultado, porque ya tengo datos reales y capacidad de experimentación.

0.2. Objeto del proyecto

El objeto del proyecto es la realización de un estudio sobre la implementación de un sistema híbrido de suministro de energía eléctrica, de origen fotovoltaico y eólico, para la alimentación de una casa aislado de la red de suministro de energía eléctrica.

Con este proyecto se presenta una solución al suministro de energía eléctrica a viviendas rurales aisladas con potencial eólico y fotovoltaico, que minimice el impacto ambiental y se adapte a la normativa vigente.

0.3. Objetivo del proyecto.

Como ya dispongo de la instalación eólica-solar, el objetivo es aprovechar esta energía, para una recarga de un vehículo eléctrico, que sería la movilidad eléctrica de la vivienda.

0.4. Alcance.

En este proyecto se abordan los aspectos siguientes:

Sistema eólico:

- distribución mensual del viento;
- velocidad del viento a diferentes alturas del torre;
- selección de la turbina;
- estimación de la energía producida con el aerogenerador escogido.

Sistema fotovoltaico:

- estimación de la irradiación solar en la zona;
- estimación del ángulo óptimo para la inclinación de los módulos;
- estimación de la cantidad de energía eléctrica producida con potencia nominal instalada.

Vehículo eléctrico:

- estimación del recorrido diario del vehículo eléctrico.
- selección del vehículo eléctrico.
- estimación del consumo diario con el vehículo eléctrico.

1. Antecedentes.

1.1. Ubicación del pueblo.

El objeto de este proyecto es diseñar un sistema para el suministro de energía eléctrica en una vivienda aislada en la región de *Nador* (*Marruecos*), mediante fuentes de energías renovables.

La BOCANA es un pequeño pueblo marroquí de la provincia de Nador, Rif. En el año 2014 contaba con 425 habitantes. Su extensión superficial es de 6,5 km² y tiene una densidad de 65,38 hab/km²

Se encuentra situada a una altitud de 37 metros y a 14 kilómetros de la capital de provincia, Nador.

El objeto del proyecto consiste en diseñar un sistema híbrido que genere energía eléctrica a partir de dos fuentes de energía renovables: eólica y fotovoltaica para la casa de mi padre situada en la **BOCANA**.

coordenadas

35°15"N 2°55"O



Figura 1.Mapa de la provincia de Nador .

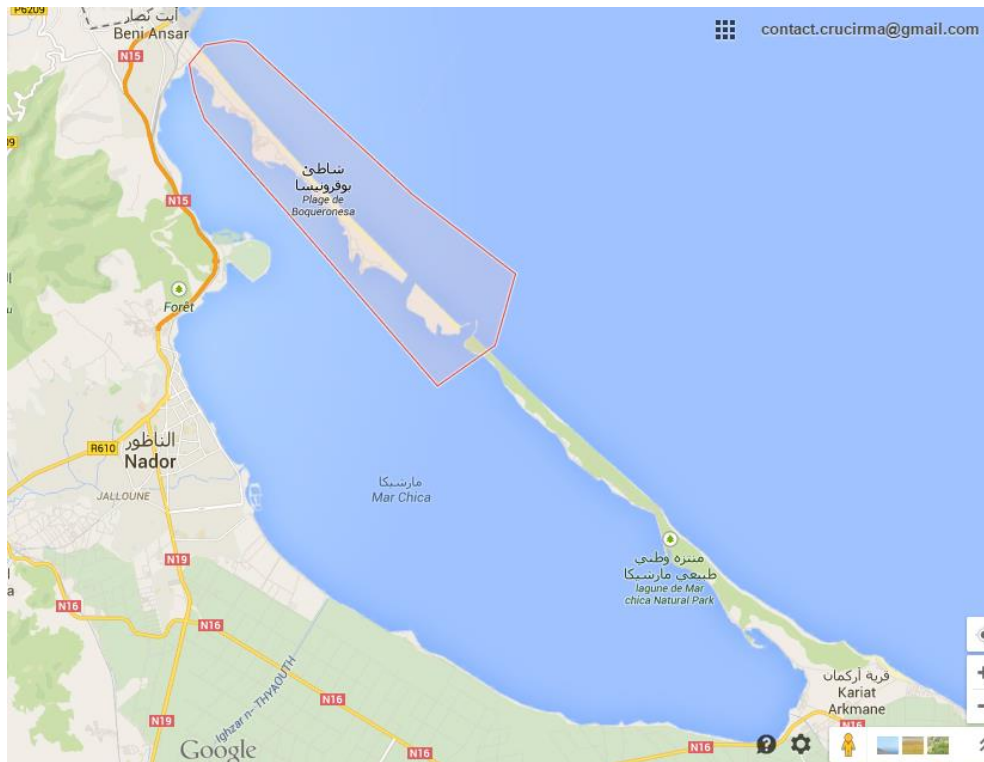


Figura 2. Mapa del pueblo la BOCANA.

La vivienda está ocupada durante todo el año y el sistema híbrido debe suministrar energía eléctrica para las necesidades diarias de las personas que viven en ella.

1.2. Criterios generales de diseño.

El proyecto es un estudio teórico y práctico, que aporta una solución de suministro de energía eléctrica en viviendas situadas en zonas lejanas a la red eléctrica de suministro.

El suministro se hace exclusivamente con la ayuda de los recursos renovables disponibles: energía del sol y del viento.

Las características de la zona son:

- una irradiación con un valor medio mensual entre 42 y 77 kWh/m²
- los vientos locales que soplan especialmente en invierno, pueden alcanzar velocidades entre 30 y 35 m/s.

2. La Energía Solar Fotovoltaica.

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar. Sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres.

La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m²).

Marruecos, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecido respecto a los países de Europa, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1.700 kilovatios-hora de energía. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad. No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberar al mundo definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que se deben afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más se suele necesitar.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

2.1. Elección de la energía solar fotovoltaica.

Las ventajas que presenta este tipo de energía renovable son múltiples:

- Impacto ambiental nulo: La energía solar no produce residuos, ni desperdicios, humos, vapores, ruidos, olores, etc. Al ser la única energía natural, origen del resto, no contamina la naturaleza, ni destroza el paisaje con torres, palos o líneas eléctricas.
- La energía solar se produce en el mismo lugar en el que se consumirá, por lo tanto, no necesita transformadores, ni canalizaciones subterráneas, ni redes de distribución a través de las calles.
- La electricidad que se obtiene es en forma de corriente continua y generalmente a bajo voltaje, con lo que se evita el riesgo de accidentes, tan peligrosos como los de las líneas actuales.
- No utiliza combustibles, eliminando la incomodidad de tener que aprovisionarse y el peligro de su almacenaje.
- Es posible el aprovechamiento de las instalaciones convencionales, suministrando corriente alterna a 230V, mediante la utilización de inversores.
- La instalación con paneles fotovoltaicos es de tipo modular, es decir, si se aumentan las exigencias de consumo, se puede aumentar el número de paneles sin necesidad de intervención de especialistas.
- Las dimensiones de los paneles son reducidas, pudiendo instalar fácilmente sobre el tejado de cada vivienda, con la precaución de que reciban la luz solar directamente y sin sombras durante todo el día.
- No necesitan mantenimiento, los paneles solares no tienen piezas móviles y se limpian con la lluvia.
- Resistencia a las condiciones climatológicas más adversas como son la lluvia, nieve, viento, etc.
- Una vez realizada la instalación y hecha la inversión inicial, no se originan costes posteriores y el consumo de energía eléctrica es totalmente gratuito.

Es de vital importancia seguir con el desarrollo de la tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

2.2. Introducción.

Como se ha comentado anteriormente, la energía solar es aquella energía que llega a la Tierra proveniente del Sol, a través de partículas o de ondas electromagnéticas, y por tanto, los rayos del Sol están compuestos por estas partículas llamadas fotones, que viajan a la velocidad de la luz es lo llamado radiación. La cantidad de energía de estas ondas es proporcional a su frecuencia (ritmo de oscilación) tal y como se expresa en la ecuación de Planck:

$$E = A \cdot n \quad (2.1)$$

Donde A es la constante de Planck y tiene un valor de $6,62 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ y n es la frecuencia vibratoria expresada en S^{-1} . La frecuencia de las vibraciones ondulatorias es la cantidad de veces que se repite la forma de onda completa por unidad de tiempo. Su unidad es el Hertz (Hz) o también la inversa del tiempo (S^{-1}). Otro parámetro característico de las radiaciones es la longitud de onda, que es la distancia que hay entre dos puntos iguales de una onda. Por lo tanto, cuanto más pequeña sea esta longitud, más grande será la frecuencia (valor de la n) y se puede transportar más energía.

La radiación que emite el Sol en todas direcciones corresponde a un amplio espectro de Radiación Electromagnética de diferentes longitudes de onda (cada cuerpo, según sus características intrínsecas, emite un patrón de radiación electromagnética) y según las diferentes propiedades físicas que producen unos resultados diferentes según su estructura. La luz y el calor son dos de las manifestaciones de esta radiación, donde la luz solar es la parte visible del espectro siguiente:

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

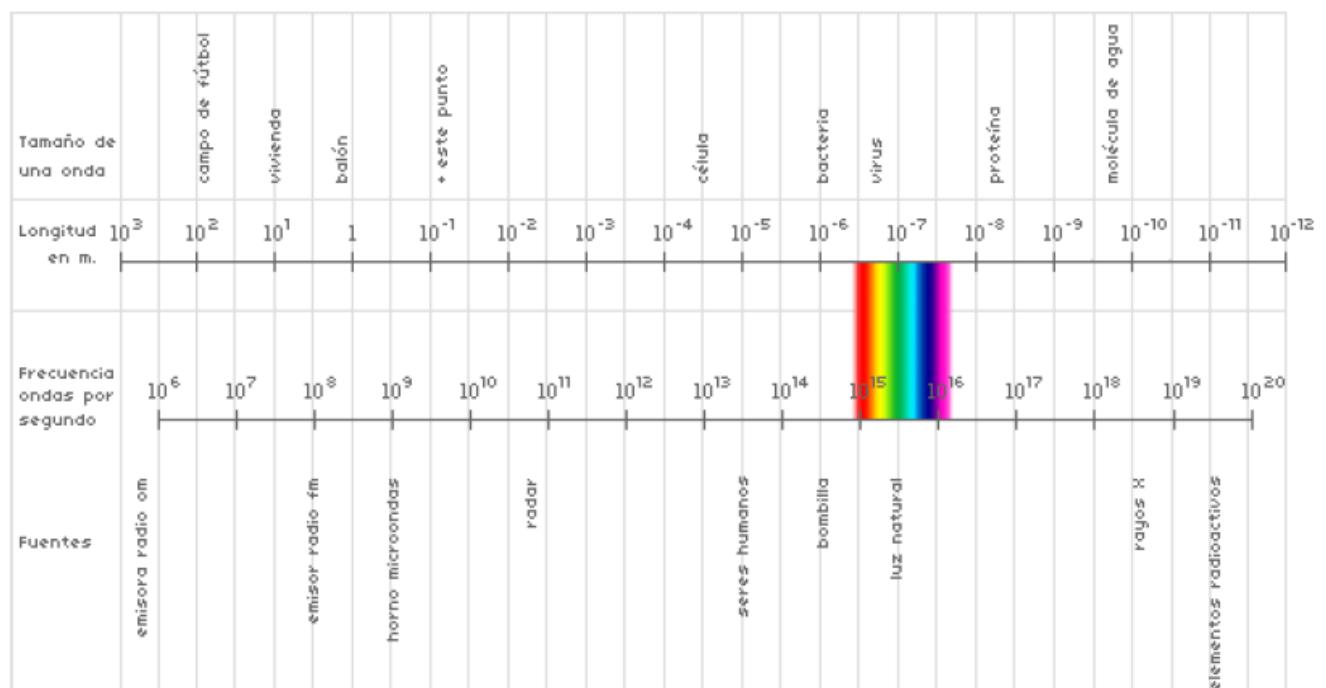


Figura 3. Espectro de radiación electromagnética

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

La luz solar forma parte del espectro electromagnético, es decir, es un tipo de onda electromagnética que se desplaza por el espacio en todas direcciones, y llega a la Tierra en unos 8 minutos. Se ha calculado que la potencia de irradiación del Sol es de $200 \cdot 10^{12}$ kW más que la potencia total de todas las centrales de cualquier tipo funcionando actualmente en la Tierra. En un segundo, el Sol irradia más energía que la que ha consumido en toda su historia la humanidad. Se tiene que la intensidad de la radiación solar en la capa externa de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a una distancia media del sol, es de 2 cal/min/cm^2 aunque esta cantidad no es constante ya que se produce una pequeña variación de un 0,2% en un periodo de 30 años, en función de las variaciones de distancia entre el Sol y la Tierra.

La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre siempre será menor a la constante solar debida a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera, que hacen que aproximadamente la mitad de la radiación incidente vuelva al espacio antes de llegar a la superficie terrestre (nubes, el contenido atmosférico de polvo, gases y, sobretudo, vapor de agua, contribuyen a diluir la radiación que llega). Cuanta más cantidad de los factores mencionados anteriormente encuentre la radiación a su paso, mayor será la parte reflejada y absorbida y menor la radiación que quedará disponible. Es preciso, no obstante, remarcar que existen algunos problemas en este sentido, se debe tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y vibraciones más o menos bruscas. El movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje hace que, a lo largo del día, la radiación solar traspase la atmósfera con diferentes ángulos siendo mayores por la mañana y por la tarde que al mediodía y, a veces, también cambia conforme la Tierra va orbitando alrededor del Sol (como la órbita es elíptica, se está más próximo al Sol en unas estaciones que en otras)



Figura 4. Recorrido de la radiación solar a través de la atmósfera.

Así que, es evidente que cuanto mayor sea el recorrido a través de la atmósfera, la difusión de la radiación también es mayor. Esta es la causa principal por la que, disponiendo de una fuente constante de energía en la atmósfera exterior, esta sea variable a lo largo del día (además de serlo, como se ha comentado anteriormente, estacionalmente), y que, el valor medio anual, sólo consigue ser la cuarta parte de su valor fuera de la atmósfera.

Para conocer la potencia de la radiación incidente es un dato que no es de definición simple, y exige el uso de tablas que indiquen los valores que estadísticamente se esperen para las diferentes horas del día y a lo largo de los meses del año.

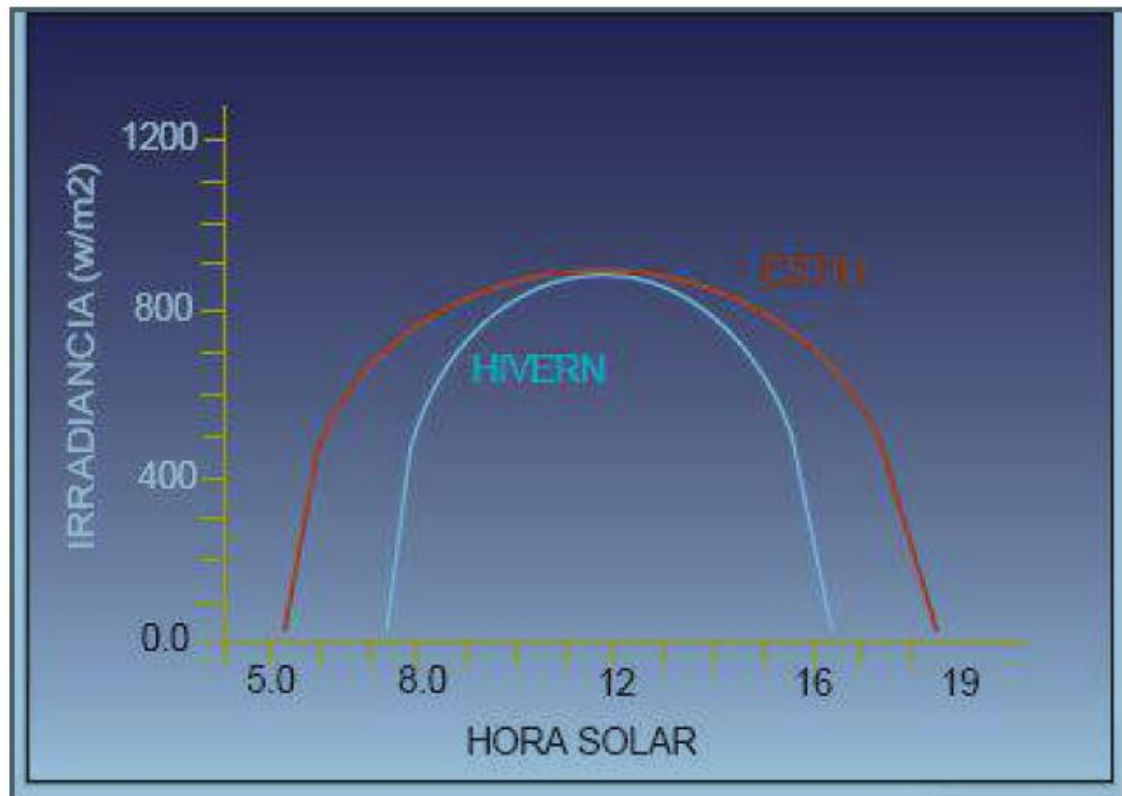


Figura 5. Curvas de potencia de la radiación solar a lo largo del año, indicando la variación de la energía que se recibe en un determinado lugar durante las épocas extremas de invierno y verano.

Es importante aclarar que esta radiación que se contabiliza es una mezcla entre radiación directa (aquella que se recibe en línea recta con el sol y es capaz de producir sombras) y la radiación difusa (que es el componente que llega del cielo habiendo sido reflejada por las diferentes partículas). Esta, que no es capaz de producir sombras, es la única que existe los días nublados y durante las horas del alba y el anochecer en las que, aunque hay luz, el Sol no está en el horizonte. De las dos, la difusa es la que aporta un menor porcentaje al total del valor y, a veces, es la más difícil a la hora de hacer una estimación. La directa es la que ha sido objeto de estudios más precisos y sobre la que se han elaborado relaciones matemáticas que intentan ligar todos los factores que intervienen.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

También se debe tener en cuenta que del total de la radiación que llega, una parte es reflejada por el suelo y la pueden reabsorber los cuerpos más próximos. A la hora de plantear el hacer una instalación solar de gran altitud como los refugios de montaña, repetidores de comunicaciones, etc. a medida que se gana altitud, disminuye el grosor de la atmósfera que atraviesa la radiación y, por lo tanto, aumenta la energía disponible. Como norma general, esta energía viene dada en unidades de KJ/m^2 (Joules, unidad de trabajo). Conocer el movimiento del Sol y saber en qué lugar del ciclo se encuentra en cada momento del día del año, requiere de unos conocimientos más extensos. Entonces, para simplificar el problema, con la suposición que la Tierra fuese fijada y el Sol fuera dando vueltas, un observador atento vería que el Sol sigue una trayectoria que nace en un amplio sector situado hacia el Este y que se pone en otro sector, igualmente amplio, situado en el Oeste.

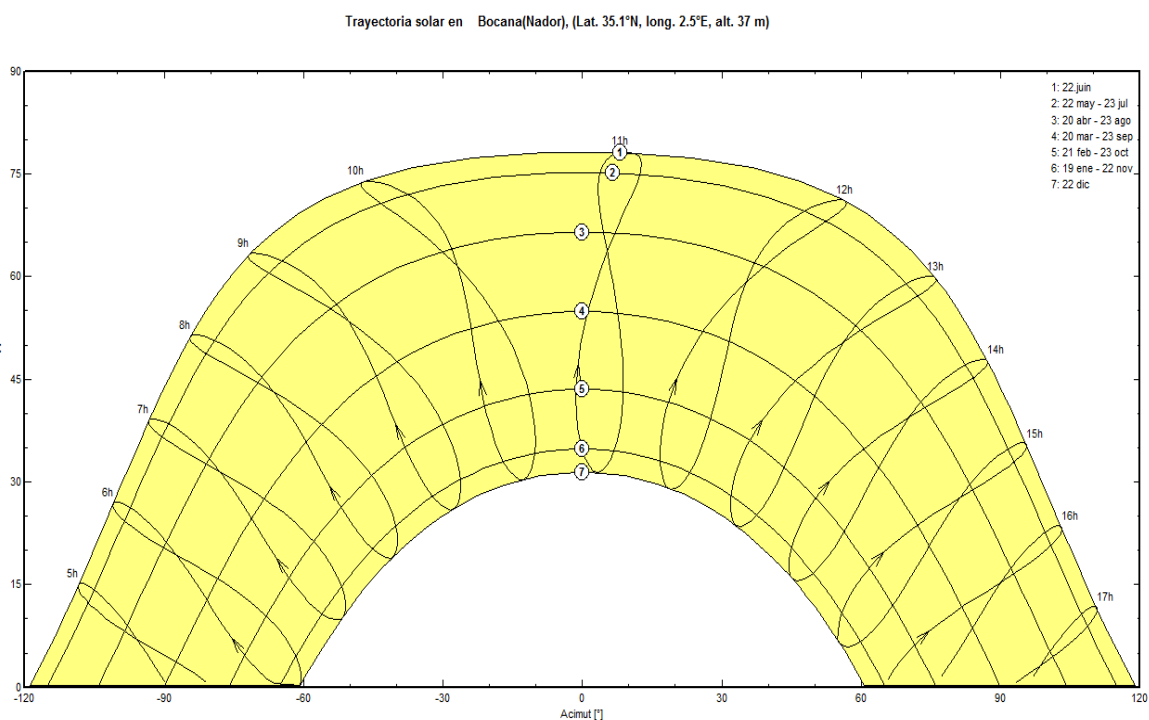


Figura 6. Trayectoria solar en Bocana(Nador).

Sólo dos días al año (21 de Marzo y el 21 de Septiembre), llamados “equinoccios”, el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste. Son los únicos días en los que tanto el día como la noche duran doce horas exactas. El resto del año, el día y la noche tienen periodos con duraciones diferentes, siendo el día más corto el solsticio de invierno (21 de Diciembre) y el más largo el solsticio de verano (21 de Junio). Además de variar el tiempo que está sobre el horizonte, el Sol varía la altura que es capaz de conseguir al mediodía. La posición del Sol, queda determinada mediante dos ángulos que son la altura y el acimut. La altura se define como el ángulo que forma el Sol, el observador y el horizonte mientras que el azimut es el ángulo que forma la proyección de la línea Sol Observador con la dirección sur.

En cuestión de energía solar, el uso de estos ángulos puede ser relevante a la hora de saber si un árbol o un edificio harán sombra sobre el equipo solar durante algún

momento a lo largo del año. Dos ángulos también importantes a la hora de hacer cálculos para instalaciones fotovoltaicas son la latitud y la longitud, características de la ubicación de la instalación. La latitud es el ángulo que forma la vertical del punto geográfico que se estudiará de la superficie terrestre (ubicación) y el plano.

Mientras que la longitud es el ángulo que forma la vertical del punto geográfico a estudiar de la superficie terrestre y una proyección vertical a un punto geográfico situado igual que la latitud pero sobre un eje de referencia llamado “meridiano de Greenwich”.

Entonces, la intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende del día, el año, la hora y la latitud de éste, además de la orientación del dispositivo receptor de energía solar que se tenga. Para medir la radiación total que una superficie recibe en un determinado número de días se utilizan unos aparatos llamados “piranómetros”, los cuales detectan la intensidad de la radiación incidente en cada momento y que, juntamente con un ordenador, acumulan estos datos en el transcurso del tiempo en que se toman las medidas. Este instrumento se caracteriza por el uso de un termo pila que mide la diferencia de temperatura entre dos superficies, una pintada de negro y otra de blanco. La expansión sufrida por las superficies provoca una diferencia de potencial que, al ser medida, muestra el valor instantáneo de la energía solar. También se le llama “polarímetro”. El aparato se calibra según las normas establecidas en mV por kW/m².



Figura 7. Ejemplo de Piranómetro para medir la radiación solar.

Un piranómetro colocado sobre una superficie perfectamente horizontal, libre de obstáculos a su alrededor que puedan proyectar sombras, recibe la radiación total (directa más difusa) del cielo, y permite evaluar la energía disponible de la zona donde está ubicado. Obviamente, los datos de radiación obtenidos a partir de los piranómetros deben ser de gran fiabilidad, ya que una vez recopilados a lo largo de los años, y después de un intenso proceso matemático y estadístico, dan lugar a las llamadas “tablas de radiación solar”. Otro elemento (de menor precisión) utilizado en la medición de la radiación solar son las llamadas “células calibradas”. Se trata de un modelo muy interesante de piranómetro donde se utiliza una célula fotovoltaica monocristalina de silicio para radiaciones solares moderadas, que un laboratorio acreditado ha puesto a prueba, iluminándola con Sol artificial y estableciendo una relación proporcional entre radiación recibida y la producción eléctrica (presenta limitaciones para captar sólo el 60% de la radiación solar incidente). Aunque sea de menor precisión, el bajo coste de las células las hace ideales para ser utilizadas como comprobadores del buen funcionamiento de las instalaciones de manera que, colocando una de estas células, se puede comparar la producción de las instalaciones con la radiación (aproximada) recibida. Existe diversidad de modelos de piranómetros: desde los más caros (2% de precisión), hasta los más económicos (5% de precisión), y de diferentes modelos de fabricantes. Entre estos se pueden encontrar: Eppley 8-48 (USA), Cimel CE-180 (Francia), Schenk (Austria), M-80M (Rusia), Zonen CM5 i CM10 (Holanda).1200

2.3. El efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico sucede cuando un material en concreto es irradiado con energía lumínica y genera corriente eléctrica, es decir, es la absorción de la luz por la materia y la transformación de la energía de la radiación (fotones) en una corriente eléctrica que puede ser directamente aprovechada o almacenada de forma conveniente. La transformación mencionada se basa en la consideración de la energía lumínica como cuantos de energía llamados “fotones” y en la teoría cuántica de Max Planck. Partiendo de que la materia está constituida por átomos, en los que se pueden diferenciar entre el núcleo (que fundamentalmente es la masa del átomo y está cargado positivamente) y los electrones (con carga eléctrica negativa y situados en movimiento alrededor del núcleo en algunas capas o zonas llamadas “bandas de energía”), el conjunto del cual es estable y eléctricamente neutro.

La acción de la luz sobre un material produce transiciones a estados excitados, generando en el material semiconductor pares electrón-vacío que mediante un mecanismo adecuado sean conducidos a un circuito exterior, donde la energía cedida por los electrones es disipada o almacenada. Los campos eléctricos se crean por la discontinuidad energética que se producen en las interfases entre diferentes materiales semiconductores. Básicamente se puede afirmar que una célula solar es un diodo, que produce bajo iluminación una corriente eléctrica. En un diodo luminoso o Led tienen lugar los dos efectos, tanto el de crear luz con electricidad como el de crear electricidad con luz. La corriente eléctrica obtenida bajo una iluminación determinada, de tal manera, que el efecto de la luz se refleja físicamente en un desplazamiento de la curva I-

V , característica de un diodo, a lo largo del eje de corriente, como se muestra en la figura siguiente:

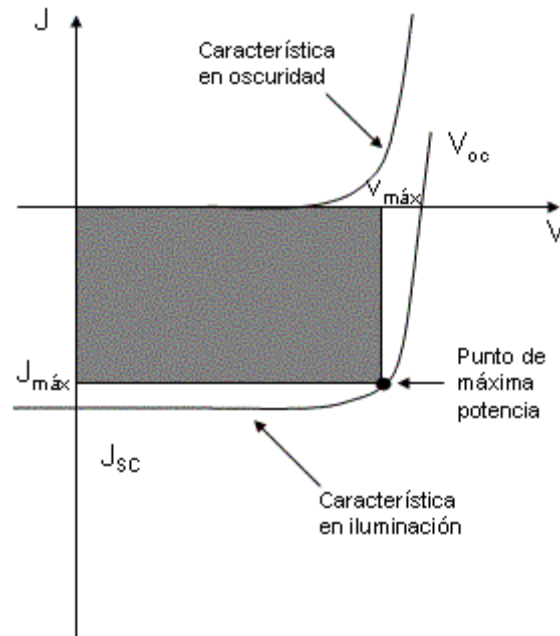


Figura 8. Curva característica de un diodo con oscuridad e iluminación.

Si se supone que un dispositivo ideal en condiciones tales en que los dos terminales de la célula solar estén directamente conectados, condición de cortocircuito, el corriente generado, por la acción de la luz que atraviesa el circuito externo. Cuando los terminales del diodo se encuentran en condiciones de circuito abierto, e iluminado la célula aparecerá un potencial de equilibrio, que es el potencial que queda determinado por las características de unión entre los dos semiconductores y la posición relativa del nivel de fermi en la interface.

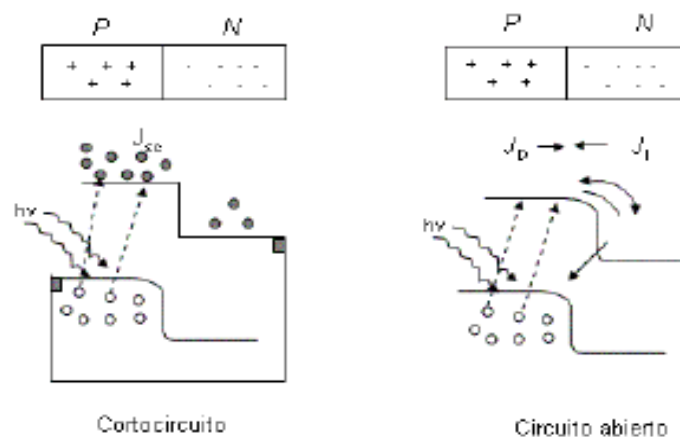


Figura 9. Esquema de un fotodiodo en circuito abierto y cortocircuito.

Una vez conocidas y medidas J_{sc} y V_{oc} es fácil demostrar que el rendimiento de conversión de la energía lumínica en eléctrica por una célula solar fotovoltaica, al que

es evidentemente, el criterio más importante a la hora de evaluar un dispositivo fotovoltaico ,dado por la ecuación siguiente:

$$\eta = FF \cdot \frac{V_{oc} \times J_{sc}}{P_i} \quad (2.2)$$

Donde FF es el llamado “factor de forma” o ajuste de la curva característica de la célula, definiéndose como la relación del producto del corriente y el potencial de salida máximo con el corriente y el potencial en cortocircuito y en circuito abierto. El término P_i es la potencia de la radiación incidente sobre la célula. En una célula solar fotovoltaica la fuente de energía recibida son los fotones del espectro solar que cumplen la condición, $h\nu \geq E_g$, donde E_g es la energía de separación entre bandas del semiconductor. Dado que es necesario conocer el espectro de la radiación solar, por conveniencia se suele denominar al espectro recibido fuera de la atmósfera terrestre como AM0, siguiendo en este caso la potencia del sol igual a 1.367W/m². Dado que la superficie de la Tierra en este espectro varía debido a los procesos de absorción y difusión que tienen lugar en la atmósfera, se definen los espectro normalizados como AMX, donde X=secq, siendo q el ángulo formado entre la posición del sol y su cenit.

Desde que se descubrió el efecto fotoeléctrico los científicos en lo único en que se centran, es en conseguir los mejores rendimientos en la transformación de la energía solar por este método. Durante muchos años se ha buscado la mejor forma de generar corriente eléctrica a partir del efecto fotoeléctrico buscando materiales con estas propiedades.

Parece ser que el Silicio convenientemente modificado es el mejor candidato para este propósito (el segundo elemento más abundante en la superficie terrestre que se obtiene de la arena). Y cuando se menciona el hecho de ser convenientemente modificado se trata de lo que se conoce como el “dopado del Silicio”. Se ha descubierto que construyendo diodos semiconductores de silicio, los rendimientos se elevan por encima del 30%. Eso se produce cuando un diodo está formado, como su nombre indica, por dos partes: una positiva y la otra negativa. En la parte positiva el material se encuentra con falta de electrones y en la negativa le sobran, y cuando ambas partes se unen forman el llamado “diodo semiconductor”. Las características principales de este elemento son que el corriente eléctrica sólo puede circular en un sentido, por eso se llama semiconductor. Otra de sus características es que a medida que aumenta la temperatura y la diferencia de los materiales conductores, el rendimiento aumenta. Y además produce el efecto fotoeléctrico, como se ha comentado anteriormente sobre el tipo de material.

El Silicio por sí solo no tiene ni electrones de más ni de menos, tiene cuatro electrones en la última capa y ya está, por lo tanto, para llegar a tener un Silicio positivo y otro negativo se ha de hacer a través del dopado. El dopado consisten en introducir otros materiales contaminantes en una cantidad menor o, como lo que se conoce comúnmente como impurezas en un material madre, en este caso el Silicio. Así que si se

introduce fósforo en el silicio se consigue tener un electrón de más cada vez, ya que el fósforo tiene cinco electrones en la última capa y se obtiene Silicio negativo, por el contrario, si se introduce Aluminio se tiene un electrón de menos u ocho cada vez, ya que el aluminio tiene tres electrones en la última capa y se obtiene Silicio positivo. Este proceso se podría comparar con una mesa de billar americano. Las bolas de billar (incluyendo la negra) serían la línea que une el Silicio positivo y el negativo; a través de los agujeros se llegaría a la corriente eléctrica y unas bolas (del tamaño de un guisante) representan los fotones de luz. Entonces, el efecto fotoeléctrico es como si se cogiesen los guisantes y se hicieran chocar contra las bolas de billar para intentar que se desplacen hasta el agujero más próximo y así incorporarse a la corriente eléctrica. Por tal de hacer la conversión directa de energía solar en energía eléctrica existen diferentes tipos de dispositivos:

1. Convertidores termoeléctricos: Basados en el efecto de Seebeck, un fenómeno en el que se genera un voltaje cuando la unión de dos metales se somete a diferentes temperaturas. No obstante, estos generadores tienen un rendimiento de sólo un 7%, están compuestos de aleaciones metálicas exóticas y costosas, típicamente Bismuto y Telurio. Investigadores de Berkeley han obtenido el efecto Seebeck en una molécula orgánica, obteniendo la base para el desarrollo de convertidores termoeléctricos más rentables por tal de hacer un convertido utilizando materiales que son más abundantes y fáciles de procesar. En el área de la termoelectricidad orgánica, el uso de moléculas orgánicas y de nanopartículas de metal, puede abrir puertas a una nueva y económica fuente de energía. Aunque estos dispositivos son más adecuados en situaciones donde hay presencia humana y se necesitan potencias de varios centenares de vatios durante largos periodos de tiempo. Situaciones en las que los generadores convencionales como las pilas de combustible (produce electricidad de una fuente externa de combustible y oxígeno) o las baterías no son viables económicamente y donde no se puedan utilizar células fotovoltaicas, como son, satélites, sondas espaciales no tripuladas e instalaciones remotas que no disponen de otro tipo de fuente eléctrica.

2. Convertidores termoiónicos: Estos dispositivos están basados en el principio de emisión termoiónica, que es la liberación de electrones que viene determinada por la aplicación de calor. El número de electrones liberados depende del grado de calentamiento del filamento. Los electrones que fluyen desde el cátodo hasta el ánodo por segundo constituyen el llamado “corriente del tubo”, la magnitud de este corriente va en función del número total de electrones que se dirigen del cátodo al ánodo. Por lo tanto, los convertidores termoiónicos se consideran un dispositivo de alta temperatura, bajo voltaje y alto corriente. Su base es el diodo de vacío, formado por un cátodo y un ánodo. El calor aplicado al cátodo proporciona a los electrones energía suficiente para salir del cátodo y desplazarse hasta el ánodo con una diferencia de potencial que incluye la caída de tensión de una carga. De esta tecnología han quedado los convertidores termoiónicos directos (a electricidad), que se han utilizado y que todavía se usan con reactores nucleares o con isótopos radioactivos. Y más recientemente, hay convertidores termoiónicos de estado sólido (semiconductores). El rendimiento de este dispositivo está comprendido entre el 10 y el 20% aunque se presentan algunas dificultades técnicas de diseño para convertidores de gran cantidad de energía, en cambio, estos

convertidores están justificados económicamente cuando son utilizados en reactores nucleares.

3. Convertidores fotovoltaicos: También hay diferentes tipos de convertidores fotovoltaicos (casi todos experimentales) de los cuales destacan las células fotovoltaicas por tener una absorción óptima muy alta y una resistencia eléctrica suficientemente baja como para poder convertir la energía solar en energía eléctrica útil económicamente. Esta viabilidad alta de las células fotovoltaicas es debida a que actualmente se dispone de un gran abanico para seleccionar semiconductores, por tal de encontrar el material más conveniente que absorba la mayor parte de la energía de la radiación del Sol. El principio de funcionamiento de las células se basa en la capacidad de los electrones, de manera que estos electrones rompan el enlace que anteriormente los tenía “atados” al átomo. Por tanto, para cada enlace que se rompe queda un electrón “libre” y un “vacío” (falta de electrón, ión positivo). Este proceso que transcurre continuamente y millones de veces por segundo provoca el movimiento de los electrones y vacíos en sentidos contrarios (gracias a un campo eléctrico), el cual polariza el semiconductor y genera a la vez corriente eléctrica.

De estos tres, sólo los dispositivos fotovoltaicos tienen futuro, ya que los otros dos son ineficaces en aplicaciones terrestres a gran escala.

2.4. El efecto fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos transforman la energía radiante del sol en energía eléctrica. Este proceso de transformación se produce en un elemento semiconductor que se denomina “célula fotovoltaica”. Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo. Para hacer posible el manejo práctico de las células fotovoltaicas, estas se presentan asociadas eléctricamente entre sí y encapsuladas en un bloque llamado panel o módulo fotovoltaico, que constituye el elemento básico para la producción de electricidad.

Normalmente, un módulo fotovoltaico está formado por unas 36 células, teniendo diferentes medidas que oscilan desde el 0,5 m² hasta 2 m², el grosor también oscila entre 3,5 cm y 5 cm. El módulo fotovoltaico está formado por unos conjuntos de células solares conectadas entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización, este voltaje suele ser de 12V O 24 V aunque a plena radiación solar y 25°C de temperatura suele ser de 15V a 17V O 30 V a 34 V. El conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que lo soportan.

2.5. Estrategias de integración arquitectónica.

La gran ventaja de los sistemas fotovoltaicos respecto a otros sistemas de generación eléctrica es que no ocupan necesariamente espacio adicional al ya ocupado por los edificios u otras construcciones. El campo fotovoltaico puede integrarse encima de superficies construidas o incluso ejercer la función de elemento de construcción.

Los módulos solares han pasado de ser unos simples equipos de producción de energía a ser al mismo tiempo un elemento constructivo capaz de sustituir elementos tradicionales, o bien ofrecer otras prestaciones adicionales a la de generación eléctrica.

Los mismos fabricantes de placas fotovoltaicas han empezado a diseñar modelos que facilitan su integración o su función constructiva en fachadas o tejados.

2.6. Estructura de montaje.

El aprovechamiento óptimo de la energía solar requiere que los módulos fotovoltaicos dispongan de inclinación y orientación adecuada, para ello se hace necesaria la inclusión en el sistema de una estructura soporte y que cumple con las siguientes funciones:

- Servir de soporte y fijación segura de los módulos (facilitan la formación de los paneles);
- Garantizar la inclinación y orientación adecuadas;
- Prevenir sombras en los módulos;
- Asegurar la distancia entre los módulos.

A la hora de la instalación de los módulos FV, las sombras que pueden dar los obstáculos próximos (edificios, árboles, otros módulos), son peligrosas, ya que pueden provocar la inversión en el funcionamiento de los módulos actuando estos como receptores de corriente en las zonas sombreadas y causar así grandes pérdidas.

Una determinación exacta de las posibles sombras se puede realizar conociendo la altura solar y el azimut durante todo el año, y así comprobar si algún obstáculo puede causar sombras en algún momento al sistema.

El cálculo de distancia mínima entre filas de módulos se realiza cuando exista peligro de proyección de sombras en los siguientes casos:

- Entre el campo fotovoltaico y algún obstáculo próximo;
- Entre dos filas de módulos, cuando estos tienen cierta inclinación con respecto a la horizontal o vertical. La distancia d , medida sobre la horizontal, entre una fila de módulos y un obstáculo (o dos filas de módulos inclinados) de altura h , que puede producir sombra sobre el sistema FV, tiene que ser igual o superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(67^\circ - \text{latitud})} = h \cdot k \quad (2.3)$$

Siendo:

- d es la separación entre filas de módulos o distancia de una fila a un obstáculo; (como se puede ver en la Figura 10);
- h la altura del obstáculo, o diferencia de altura entre la parte alta de una fila de módulos y la parte baja de la siguiente;
- k es un coeficiente adimensional cuyo valor se obtiene a partir de la latitud del lugar.
- L es la longitud del módulo;
- a es el ángulo de inclinación del módulo.

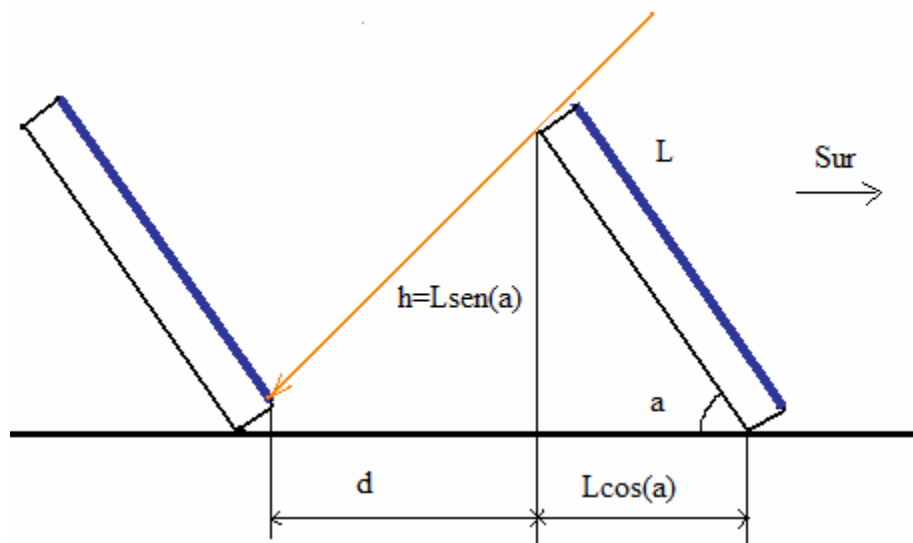


Figura 10. Distancia mínima entre módulos.

Para hacer una estimación de la superficie del sistema FV, para su ubicación, incluidos los módulos y la separación entre ellos se puede multiplicar los metros cuadrados de superficie captadora por el valor expresada por la siguiente formula:

$$M = k \cdot \sin(a) + \cos(a) \quad (2.4)$$

2.7. Componentes de una instalación solar fotovoltaica.

2.7.1. La célula solar.

Las células fotovoltaicas, como se ha mencionado anteriormente, son los dispositivos capaces de transformar la energía lumínica en energía eléctrica y son la pieza fundamental y principal del sistema fotovoltaico.

El efecto fotovoltaico es la base del proceso mediante el que una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. Este tipo de células son las más avanzadas de todos los convertidores de energía cuántica y constituyen el camino más prometedor hacia la potencia electro solar. Este proceso se llama también proceso de fotoemisión interna que se produce fundamentalmente por fotoemisión que posee un lindar inferior a la absorción de fotones y a la luz que pasa de ser luz a ser electricidad sin pasar antes

por el estado de energía térmica. La unión de dos semiconductores con valores adecuados y sus correspondientes contactos eléctricos dan lugar a una célula solar fotovoltaica, como se muestra en la figura siguiente:

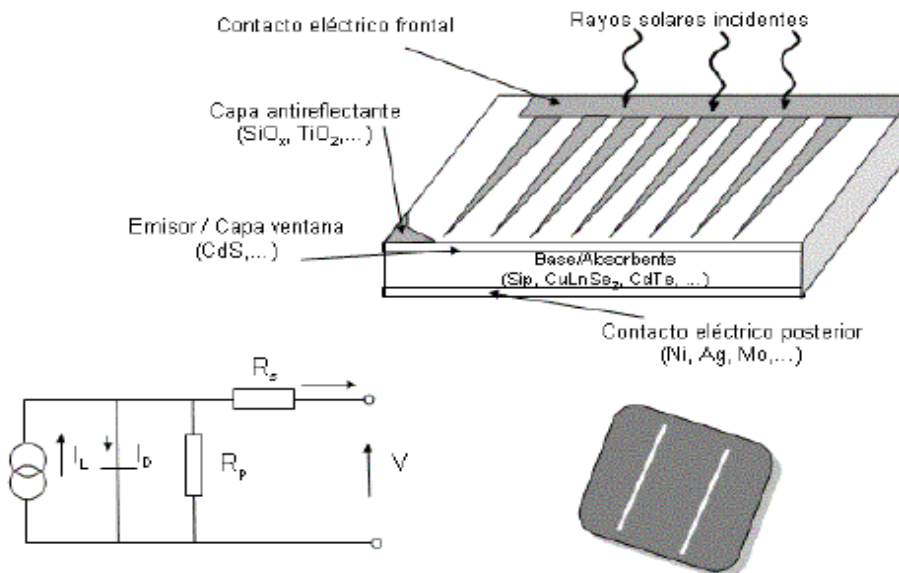


Figura 11. Representación de una célula solar fotovoltaica, su circuito electrónico equivalente y de una célula solar de Silicio, respectivamente.

Es decir, el principio de operación de una célula fotovoltaica es el mismo principio que el de los diodos semiconductores y se determinan en función de su construcción, fabricada de materiales semiconductores (habitualmente Silicio), utilizados en la industria microelectrónica. Estos semiconductores son especialmente desarrollados para formar dos capas tratadas diferencialmente (tipo p y tipo n) que forman un campo eléctrico, dando lugar a una cara positiva y otra negativa. A parte de las células fotovoltaicas existen otras, como se ha mencionado anteriormente, pero la fotovoltaica es la única que posee una absorción óptica muy alta y una resistencia eléctrica suficientemente baja como para poder convertir la energía solar en energía útil de una manera económica.

Gracias a que hay una amplia elección de semiconductores con un intervalo apropiado de absorción espectral, se puede seleccionar un material apropiado que coja el espectro solar. Estos semiconductores se forman uniendo partes positivas y negativas de Silicio, que actualmente es el que tiene más rendimiento. Normalmente, las células más utilizadas están formadas por una unión p-n y construidas a base de Silicio monocristalino, aunque existen diferentes procesos y tipos de materiales que se usan para la construcción de estas. Todas las células solares actuales tienen en común tres características:

- Un absorbente óptico que convierte los fotones en pares electrón-vacío.
- Un campo eléctrico interno que separe estas cargas.
- Contactos en los extremos del semiconductor para la conexión con una carga externa.

La parte de los convertidores que absorben los fotones es el semiconductor que se escoge siempre de forma que tenga una banda prohibida similar a la del espectro solar. No se podría coger una célula solar con un valor bajo de energía de banda prohibida aunque parecería ideal para que pudiera absorber gran parte del espectro, pero la fuerza electromotriz de la célula está limitada por la energía de banda prohibida, y si ésta es pequeña, la energía electromotriz también lo será. Es poco probable que un fotón tenga el doble de energía que el nivel de Fermi, por esto sólo hará falta un par electrón-vacío para fotón absorbido y la energía en exceso del fotón se disipa. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan los electrones que son separados por el campo eléctrico, originando una corriente eléctrica. Una célula fotovoltaica típica de 100cm² puede llegar a producir alrededor de 1,5W (0,5 V y 3 A), y el rendimiento de conversión, es decir, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, que actualmente los módulos fotovoltaicos comerciales tienen, se encuentran entre el 7% y el 17%, dependiendo de la tecnología aplicada.

Hay diferentes tipos de células solares en cuanto al proceso de fabricación, rendimiento y precio se refiere:

1. Células de Silicio Monocristalino: Una célula solar de Silicio monocristalino no es otra cosa que un diodo de unión p-n, que es especialmente sensible a la iluminación, generando la corriente eléctrica. Son células formadas por un único tipo de cristal (Silicio puro dopado con Boro) donde la estructura atómica del material es uniforme, ya que su estructura completa ha estado desarrollada por un único cristal.



Figura 12. Ejemplo de célula solar monocristalina.

Aunque el Silicio es el segundo material más abundante de la Tierra (después del oxígeno), tienen un coste elevado como consecuencia de que el Silicio no se encuentra en estado puro y, por lo tanto, en el proceso de fabricación de eliminar determinados elementos que son difíciles de eliminar, de fundir y hacer crecer para formar un monocristalino se invierte mucho tiempo y energía, además, no se pueden fabricar grandes cantidades para abaratar el coste de la producción, así que, son bastante caras y difíciles de conseguir, no obstante, son las más utilizadas en la actualidad, ya que se consiguen unos buenos rendimientos, los más grandes, superiores al 30%.

2. Células de Silicio Policristalino: Son aquellas células obtenidas a partir de procesos que no necesitan un control exhaustivo de la temperatura en la solidificación del material de Silicio, ni un crecimiento controlado de su red cristalina. Se les denomina policristalinas por la solidificación del material, no en un único cristal, sino en múltiples. Se basan formando conglomerado de estructuras microcristalinas donde sus

uniones impiden el paso de los electrones para que se recombinen, es decir, son como un agregado de materiales.

Hay diferentes tipos de Silicio Policristalino dependiendo del tamaño de los cristales que lo componen, por lo tanto, permiten disponer de células de tamaños diferentes abriendo nuevos conceptos para su aplicación y tecnología en la industria fotovoltaica. Una de las ventajas en la fabricación de este tipo de células es la posibilidad de producirlas directamente en forma cuadrada, con lo que facilita la fabricación de paneles solares compactos sin mecanizaciones de la célula posterior.

Son más sencillas de conseguir y se consiguen unos rendimientos del 15% con un coste de fabricación similar a la tecnología monocristalina que se utiliza habitualmente.

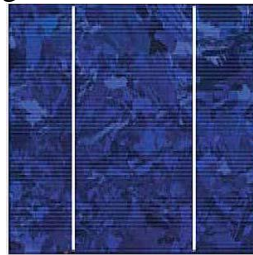


Figura 13. Ejemplo de célula solar policristalino.

Pero tienen el problema de que no duran tanto tiempo como las células monocristalinas, aunque las células sean duraderas y se rompan igualmente, como la alta montaña, los desiertos, etc.

3. Células de Silicio Amorfas: Los sólidos amorfos, como el vidrio común, son materiales en los que los átomos no están situados en ningún orden especial, no forman estructuras cristalinas y contienen una gran variedad de defectos en la estructura y los enlaces. Y el silicio amorfo presenta también unas propiedades totalmente diferentes al silicio monocristalino, ya que por su elevada velocidad de recombinación producida por la gran cantidad de imperfecciones en su red cristalina, presenta un alto coeficiente de absorción, permitiendo la utilización de gruesos del material activo muy pequeños (llegando a ser 50 veces más fino que el equivalente fabricado en silicio monocristalino). Por lo tanto, las células amorfas no poseen una estructura definida y presenta muchos defectos donde los electrones se recombinan con vacíos en lugar de contribuir a la corriente generada. En estas condiciones, estos materiales resultan inaceptables para una utilización fotovoltaica, pero si se deposita de manera que contenga una pequeña cantidad de hidrógeno, los enlaces se saturan permitiendo aumentar la vida de los portadores. Se construyen a partir de evaporar sobre un cristal en una cámara el material semiconductor o fotoreactivo, y colocar un par de electrodos en cada una de las unidades correspondientes.



Figura 14. Ejemplo de célula solar amorfo.

Son las células más económicas, menos duraderas y con rendimientos bajos, alrededor de un 6%, tienden a cero con el paso de los años. El coste de fabricación de este tipo de células es mucho más económico que la resta de tecnologías como consecuencia del poco material utilizado y la facilidad de su fabricación en masa, por lo que son las más utilizadas en calculadoras, relojes, radios y aparatos de este estilo, ya que la energía que proporcionan es muy baja. Otra característica diferenciadora de estas células es la posibilidad de hacerlas de diferentes colores o, incluso, transparentes, peculiaridades que hacen que esta tecnología abra un abanico de grandes posibilidades.

4. Células de Sulfuro de Cadmio y Sulfuro de Cobre: También se ha experimentado en la obtención de células compuestas por dos capas: una de Sulfuro de Cadmio y otra de sulfuro de Cobre.

La ventaja de este sistema reside en que se utiliza muy poco material activo en un proceso fácil de fabricar, obteniendo rendimientos máximos, no superiores, al 10% en laboratorio y un 5% en la práctica industrial. A la vez, el grave problema que presentan es la degradación que se produce con el paso del tiempo, no obstante, se están investigando los diferentes motivos por los cuales se produce esta inestabilidad, por tal, de resolverlos y para tener una alternativa de bajo coste a los materiales utilizados actualmente.

5. Células de Arsenio de Galio: La tecnología del Arsenio de Galio está desarrollada a partir de la fabricación de los diodos emisores de luz o LED's. Son las células fotovoltaicas más indicadas para la fabricación de módulos, ya que se obtienen rendimientos teóricos del 27 – 28% en una versión monocristalina. Una de sus características principales es su elevado coeficiente de absorción, que hace que con poco material se obtenga una eficiencia elevada, y otra es que permite trabajar a temperaturas altas con menos pérdidas que el silicio monocristalino. Una ventaja es su tolerancia a radiaciones ionizantes, por lo que son utilizadas en satélites artificiales y demás vehículos espaciales, ya que su alto coeficiente de absorción permite buenos rendimientos en pequeños gruesos. En cambio, tienen el problema que este material es difícil de encontrar, ya que es poco abundante, por eso su manipulación ha tenido una tecnología poco avanzada y unos costes de fabricación elevados, en contraposición de las tecnologías aplicadas actualmente que son más competitivas.

6. Células bifaciales: Esta tecnología de fabricación consiste en crear una doble unión (normalmente $n^+ - p - p^+$) de manera que la célula sea activa tanto en la cara frontal como en la trasera. Este procedimiento permite captar la radiación frontal y la reflejada en el suelo, que es transformada en electricidad en la parte posterior de la célula fotovoltaica.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Lógicamente, la energía producida por la cara posterior es menor que la de la cara frontal, pero, permite llegar a un rendimiento total del 30% teniendo cuidado de la calidad de la superficie de reflexión así como en las condiciones mecánicas de la colocación del panel, es decir, este tipo de células obtienen un mejor rendimiento que las células monofaciales pero el coste de producción se eleva, ya que necesitan varios tratamientos de más en el dopaje del silicio para crear diferentes capas activas. Por lo tanto, los módulos realizados con este tipo de células presentan una complejidad en su instalación y un mayor mantenimiento, que hace que hoy en día estén prácticamente en desuso, contrariamente a la tecnología monofacial, que es mucho más versátil y con menos problemas en su instalación.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los tipos de células mencionados anteriormente:

Tabla1. Resumen de las principales características de las células solares.

Tipo de célula	Rendimiento	Tipo de fabricación	Ventajas	Inconvenientes
Silicio monocristalino	> 30%	Formadas por un tipo de cristal	Material abundante, Buenos rendimientos y duraderos en el tiempo	Proceso fabricación complejo, coste elevado
Silicio policristalino	15%	Solidificación del material por múltiples cristales	Proceso fabricación sencillo, tamaños de células diferentes	Coste fabricación elevado y menos duraderas
Silicio amorfo	6%	Se evapora sobre un cristal el material semiconductor y se coloca un par de electrodos en cada una de las unidades correspondientes	Coste fabricación bajo, en masa, posibilidad de diferentes colores y gruesos	Células menos duraderas y rendimientos bajos
Sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre	5-10%	Dos capas: sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre	Poco material empleado, proceso fabricación fácil	Degradación con el paso del tiempo, rendimientos bajos
Arsenio de Galio	27-28%	Desarrollada a partir de la fabricación de LED's	Buenos rendimientos en gruesos pequeños	Material poco abundante, coste fabricación elevado
Bifacial	30%	Doble unión (n+ – p – p+) la célula es activa por ambas caras	Buenos rendimientos	Coste elevado e instalación compleja

2.7.2. Los módulos fotovoltaicos.

El módulo fotovoltaico es el elemento de la instalación solar encargado de transformar la energía del sol en electricidad de corriente continua de forma directa. Un módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares o pequeños generadores de intensidad conectados en serie, o de grupos de células conectados en serie dispuestos en paralelo (este último caso sólo se da en módulos de gran potencia), encapsulados entre un vidrio templado i varias capas de material plástico; el conjunto se refuerza con perfiles metálicos de aluminio que forman un marco exterior y que dará firmeza y facilitará poder colocar el módulo en la estructura soporte. En la parte posterior del módulo, se ubica la caja (o cajas) de conexiones con las terminales, identificando el positivo y el negativo. Normalmente, un módulo fotovoltaico estándar del mercado está formado por una asociación de 33 a 36 células en serie y un voltaje nominal de 12V cc. Actualmente, se encuentra en el mercado módulos con el doble o el triple de células y que pueden funcionar con otros voltajes de salida (24-36V).

CUBIERTA EXTERIOR

Tiene una función protectora, ya que es la que sufre los agentes atmosféricos. Se hace servir el vidrio templado ya que presenta una buena protección contra los impactos y, a la vez, tiene una excelente transmisión a la radiación del espectro solar. El espesor más habitual es entre 4 y 6mm.

CAPAS ENCAPSULANTES

Son las encargadas de envolver las células solares y sus contactos. El material más utilizado es el etileno-vinilo-acetado o l'EVA, que proporcionan una excelente transmisión a la radiación solar, así como una nula degradación delante las radiaciones ultravioletas. También, da cierta elasticidad al conjunto de células frente las posibles vibraciones exteriores en el uso del módulo.

PROTECCIÓN POSTERIOR

Su misión consiste, fundamentalmente, en proteger contra los agentes atmosféricos, ejerciendo de barrera infranqueable contra la humedad. Normalmente, se utilizan materiales acrílicos, TEDLAT o EVA. A menudo son de color blanco, ya que esto favorece el rendimiento del panel, gracias al reflejo que producen en las células.

MARCO DE SOPORTE

Es la parte que da robustez mecánica al conjunto y que permite ubicarlo en estructuras que han de agrupar los módulos. El marco, normalmente, es de aluminio anodinado y va abastecido de los agujeros necesarios para anclarlo a un bastidor, evitando así haberlo de manipular posteriormente. Algunos módulos llevan anclados una toma de tierra, que sobretodo se deberá hacer servir si el número de unidades a instalar muy grande.

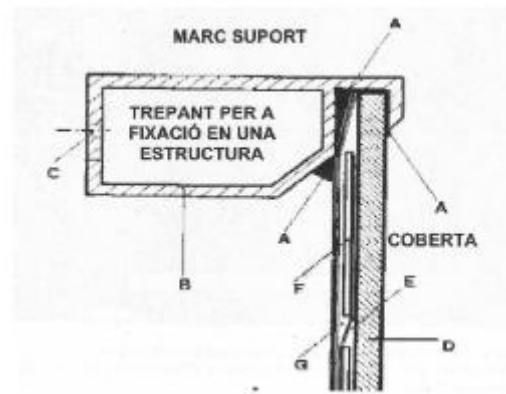


Figura 15.Elementos del marco soporte: A- Goma butílica, B- Aluminio anodizado, C- Toma de tierra, D-Vidrio, E- Contactos eléctricos, F- Célula y G- Polivinilo butiral

PARÁMETROS DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO

Las características de un módulo fotovoltaico vienen determinadas por el tipo de la célula. Hay tres tipos básicos de módulos fotovoltaicos:

- **El módulo de silicio monocristalino:** Presenta una totalidad uniforme de las obleas y ofrece un rendimiento medio de un 14-15%, con prestaciones aceptables con radiación solar baja.
- **El módulo de silicio policristalino:** Presenta una totalidad poligráfica de las obleas y ofrece un rendimiento medio de un 12-13%, con muy bajo rendimiento con radiación solar baja.
- **El módulo de silicio amorfo:** Presenta un tono oscuro uniforme y ofrece un rendimiento medio de un 6%, pero presenta un buen comportamiento con radiaciones solares mínimas.

CURBA DE INTENSIDAD

La curva de intensidad-tensión (I-V) define el comportamiento de un módulo fotovoltaico.

INTENSIDAD DE CIRCUITO CERRADO I_{cc} (I_{sc})

Es la intensidad que produce el módulo cuando está forzado a trabajar a un voltaje cero. Esta situación se da cuando la carga del módulo tiene una resistencia nula al paso de la corriente. En el ámbito experimental, se puede medir directamente con un amperímetro (impedancia muy pequeña) conectado en la salida de los bornes del módulo solar. El valor varía de forma proporcional en función de la radiación solar a la que la célula o el módulo están expuestos. Esta medida no es destructiva, no deteriora el módulo, ya que la intensidad resultante es la máxima que pueden producir las células y para lo que están preparadas. Esta prueba no se puede hacer en un generador de voltaje,

ya que entonces el generador forzaría el paso de corriente para restablecer el voltaje nominal y se acabaría quemando.

TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO V_{co} (V_{oc})

Es la tensión que miden los bornes del módulo cuando no hay ninguna carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar el módulo. Esta medida se toma conectando un voltímetro entre los bornes del módulo cuando no hay otro elemento conectado. El valor medido puede llegar a ser muy elevado, respecto al voltaje nominal del módulo. Por tanto, hay que seleccionar una escala superior a los 12 o 24V.

INTENSIDAD DE MÁXIMA POTENCIA I_{max}

Es el valor de la intensidad que puede ofrecer el módulo cuando las condiciones de carga le permitan trabajar con la máxima potencia. Tensión de máxima potencia V_{max} : es el valor de la tensión que puede ofrecer el módulo a la máxima potencia. Punto de máxima potencia: los valores de I_{max} y de V_{max} conforman lo que se conoce como punto de máxima potencia. El producto de los dos valores da la potencia máxima o pico del panel y cualquier otro punto de la curva I-V tiene potencia inferior primero.

Potencia nominal del panel: la potencia nominal del panel quedará determinada por el punto de máxima potencia con una radiación de 1.000W/m². Este es el valor estándar para probar y homologar los paneles.

Con el producto, los fabricantes de paneles facilitan todos los parámetros comentados. Es importante remarcar que la curva I-V admite variaciones cuando varía la radiación solar y cuando varía la temperatura de la célula. A continuación, se muestran los gráficos I-V, en función de la variación de la temperatura y de la variación de la radiación.

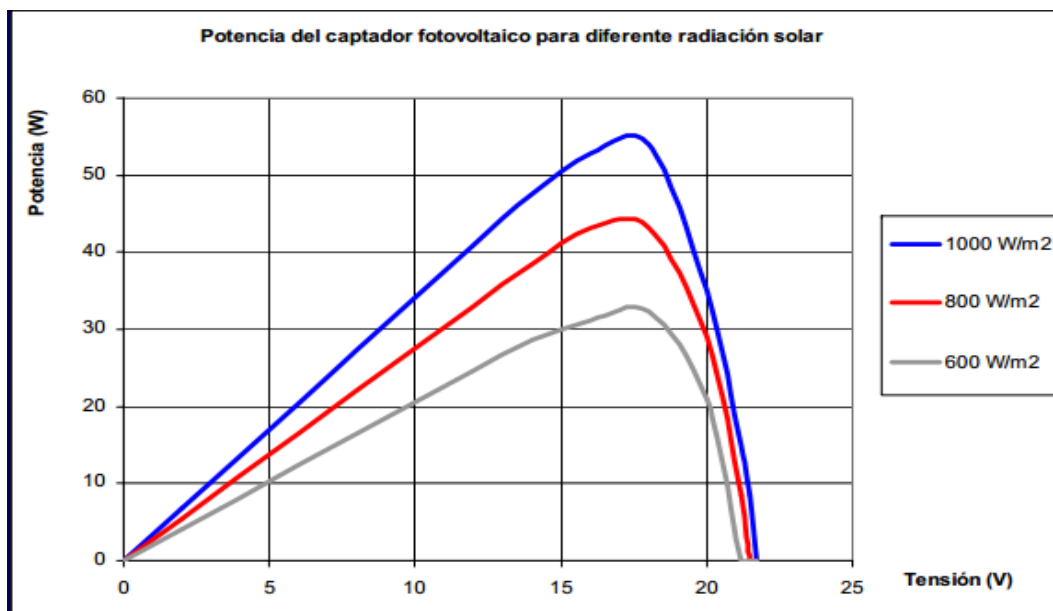


Figura 16. Variación de la potencia en función de la radiación.

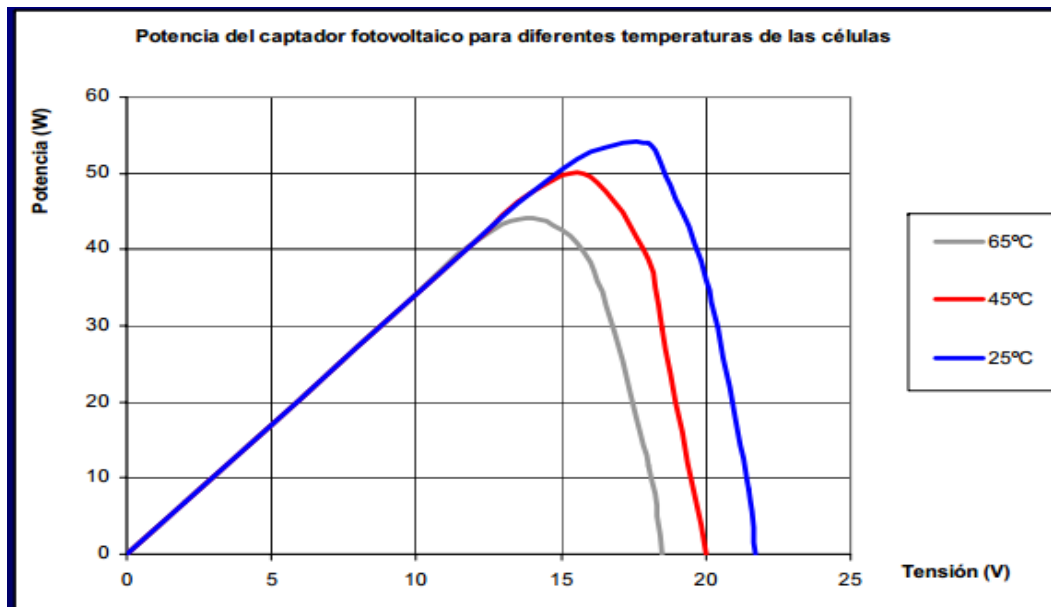


Figura 17. Variación de la potencia en función de la temperatura

4.7.3. Las conexiones de los módulos solares.

Un módulo fotovoltaico tiene una potencia limitada, en función del fabricante, que va desde los 5Wp a los 280Wp que se fabrican en la actualidad. Esta gama de potencias hace que, cuando se calculan las instalaciones, a menudo hace falta utilizar un número concreto de módulos fotovoltaicos para conseguir la potencia necesaria.

Las conexiones de los módulos fotovoltaicos siguen, las reglas básicas de la electricidad. Se pueden conectar los módulos fotovoltaicos en serie, en paralelo y combinándolos para conseguir sumar la potencia de los módulos conectados y a la vez adaptar el funcionamiento al voltaje del circuito de carga de batería.

Los módulos fotovoltaicos nos dan, generalmente, un voltaje de referencia (nominal) de 12 V en corriente continua, es decir, diferenciando el positivo y el negativo. Actualmente, los fabricantes pueden suministrar los módulos de formato más grande, a partir de 100Wp con voltajes de 12 o 24 V. Los módulos más pequeños (hasta 85Wp) sólo se comercializan para voltaje 12V.

CONEXIONES EN SERIE

Este tipo de conexión se basa en conectar el Terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente, de este modo y sucesivamente hasta acabar la serie completa. Finalmente, la salida será entre el terminal positivo del último módulo conectado y el negativo del primero. Ejemplo: conexión de dos módulos (con dos cajas de conexión cada uno) en serie:

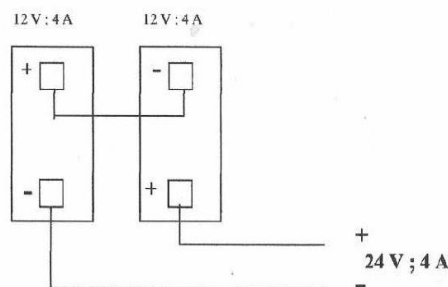


Figura 18. Conexión de dos módulos en serie.

En la conexión en serie, la intensidad eléctrica que genera un módulo fotovoltaico ha de atravesar el resto de los módulos, de manera que el aumento de potencia se basa en mantener la intensidad que puede dar un módulo y la suma de voltaje de los módulos conectados.

Normalmente, se hacen conexiones en serie para conseguir voltajes de 24 o 48 V, en instalaciones autónomas de electrificación y superiores, de 96 a 700 V, en conexiones a la red o alimentación de variadores de frecuencia para bombeo directos. Hay que tener en cuenta que superar los 48 V en corriente continua equivale a disponer de un voltaje peligroso para las personas.

CONEXIONES EN PARALELO

Este tipo de conexión se basa en conectar juntos los terminales positivos de todos los módulos y, de otro lado, todos los terminales negativos. Finalmente, la salida será entre el terminal positivo común y el negativo también común. Ejemplo: conexión de dos módulos (con dos cajas de conexión cada uno)

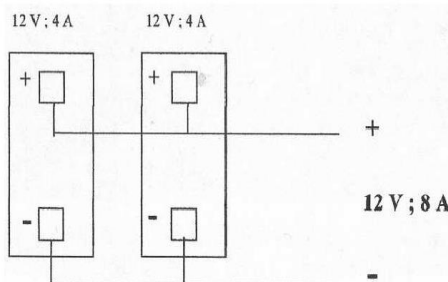


Figura 19. Conexión de dos módulos en paralelo.

En la conexión en paralelo, la intensidad eléctrica que genera el módulo fotovoltaico se añade a la que generan los otros módulos, de forma que el aumento de potencia se basa en mantener el voltaje que puede dar un módulo y la suma de intensidades que generan los módulos conectados.

Normalmente, se utilizan conexiones en paralelo hasta conseguir intensidades de 80 A, en instalaciones autónomas de electrificación y/o bombeo y superiores, en instalaciones de conexión de red de elevada potencia. Hay que tener en cuenta que no se puede superar la intensidad máxima admitida por el reglamento electrotécnico de baja tensión por cada sección de conductor.

CONEXIÓN MIXTA

A menudo, en las instalaciones solares, hace falta hacer conexiones en serie y en paralelo porque se quiere trabajar a un voltaje determinado y se tiene un número concreto de módulos. En estos casos, se conecta en serie el número de módulos (conectados en paralelo) que hagan falta para conseguir el voltaje de funcionamiento.

Ejemplo; conexión de cuatro módulos (con dos cajas de conexión cada uno) para conseguir 24V:

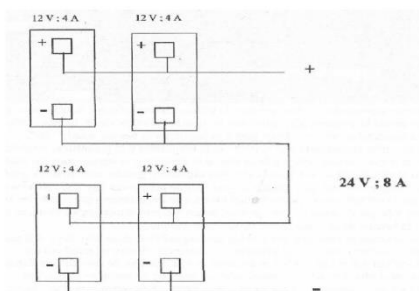


Figura 20. Representación de una conexión mixta.

2.7.4. Acumuladores de energía eléctrica.

Las dos fuentes renovables de energía eléctrica (eólica y fotovoltaica), se caracterizan por sus variabilidades y aleatoriedad lo que afecta en sentido negativo el aprovechamiento de éstas. Para evitar los inconvenientes se dispone de la introducción en el sistema de acumuladores eléctricos (baterías). Una batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía eléctrica en forma de enlaces químicos. El bloque constructivo básico de una batería es la celda o célula electroquímica. Las celdas están conectadas en configuraciones serie/paralelo (ver Figura 21) para proporcionar los niveles de voltaje, intensidad y capacidad de batería deseados. La batería permite que:

- el sistema se convierta en una fuente eléctrica independiente de las condiciones de radiación solar y de viento existente, en mayor o menor medida;
- el sistema tendrá una autonomía de servicio eléctrico durante periodos prolongados de inactividad de los módulos FV o del aerogenerador, usando la energía almacenada durante los momentos de generación eléctrica de las dos fuentes;
- fijar una tensión de referencia que establece en los módulos FV un punto de trabajo óptimo y para consumidores una tensión adecuada.

En un sistema híbrido las baterías deben cumplir los requisitos siguientes:

- **Tipo:** el más utilizado es la batería de plomo-ácido con electrolito líquido, seguido del acumulador de plomo-ácido con electrolito gelificado (acumulador sellado) y el acumulador de níquel-cadmio;

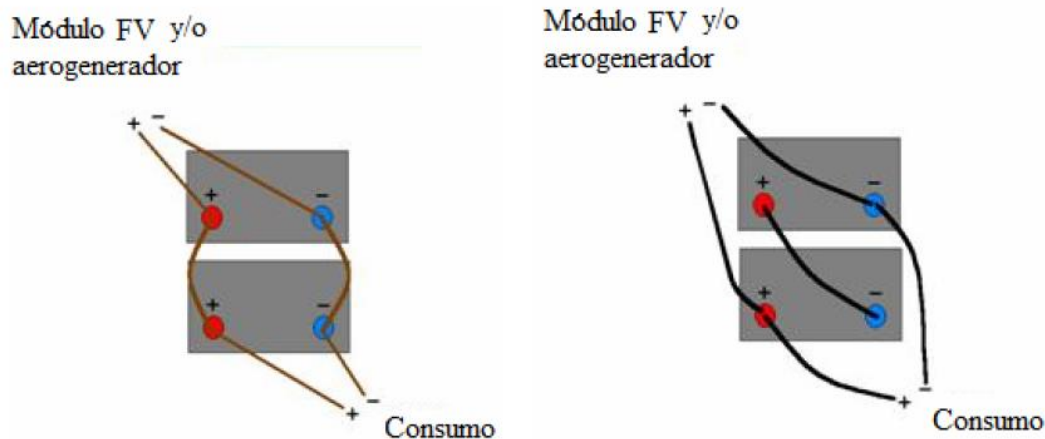


Figura 21.Conexionado de baterías en paralelo y en serie.

Capacidad: medida de la cantidad de energía eléctrica que puede suministrar la batería bajo unas determinadas condiciones, se expresa en amperios por hora.

Existen disponibles baterías con capacidades entre los 50 y 4000 Ah actualmente.

La capacidad disponible en la batería está afectada principalmente por la temperatura ambiente, disminuyendo o aumentando a medida que la temperatura disminuye o aumenta. Un problema que suele presentarse cuando la temperatura del electrolito alcanza los 0°C está relacionado con el estado de carga de la batería. Si está prácticamente descargada, la cantidad de agua en la solución electrolítica es mayor. Al bajar la temperatura del electrolito existe la posibilidad de que el agua se congele pudiendo dañar las celdas o quebrar la caja. El ácido del electrolito actúa como anticoagulante, de manera que es importante mantener la carga de las baterías cuando la temperatura de trabajo disminuye. Tampoco las temperaturas ambientes elevadas son adecuadas, estas reducen la vida útil de una batería Pb-ácido: si para una temperatura del electrolito de 30° C la reducción de la vida útil es de 30% para una temperatura del electrolito de 55° C la reducción de vida útil es de 95%.

- **Tensión:** la batería es una fuente de tensión continua con unos valores habituales de 2 y 12 voltios. Para capacidades superiores, 400 Ah, se utiliza células de 2 V que es habitual en instalaciones de electrificación de viviendas;

- **Estado de carga:** la relación existente entre la capacidad disponible y la capacidad total. Se expresa en tanto por ciento. También se conoce como SOC (State of Charge);

- **Profundidad de descarga:** la relación existente entre la capacidad utilizada y la capacidad total. Se expresa en tanto por ciento. Los reguladores limitan esta profundidad, y se calibran habitualmente para permitir profundidades de descarga de la batería en torno al 70 %;

- **Número de ciclos:** expresa el tiempo de vida de una batería mediante el número de ciclos de carga-descarga. El fabricante debe suministrar gráficas que relacionan el número de ciclos con la vida de la batería;

Una batería de plomo ácido esta compuesta por los siguientes elementos básicos, como se puede observar en la Figura 22.

- Placa positiva, construida con dióxido de plomo (PbO₂);
- Placa negativa, formada por plomo esponjoso (Pb);

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

- Separadores con la misión de separar las placas de diferente polaridad aislándolas entre sí;
- Electrolito, constituido por una solución diluida de ácido sulfúrico;
- Carcasa, construida de polietileno o polipropileno, y encargada de alojar en su interior los diferentes elementos descritos anteriormente;
- Terminales de conexión.

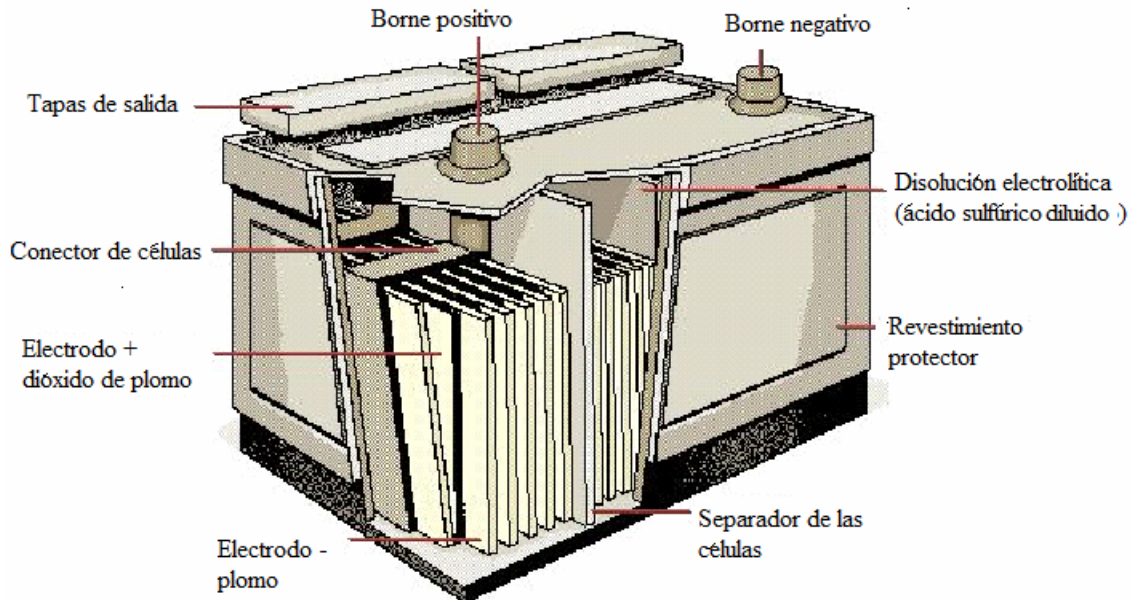


Figura 22. Batería de plomo ácido.

2.7.5. Mantenimiento y medidas de seguridad de una batería.

El mantenimiento preventivo en instalaciones pasa principalmente por tener cuidado de la batería:

- Se ha de rellenar con agua destilada para restituir las pérdidas por la vaporización y electrolisis.
- Verificar los bornes de la batería y las conexiones. Eliminar los restos de óxidos y de sales.
- Proteger las conexiones con vaselina neutra.

Las operaciones que hay que evitar en el mantenimiento y funcionamiento de una batería son:

- Descargarlas por debajo del 20% de la capacidad absoluta que tengan.
- Dejar el nivel del electrolito por debajo del nivel de cobertura de las placas de plomo.
- Hacer la conexión directa a módulos sin pasar por un regulador de carga.
- Tocar el electrolito con las manos.
- Rellenar las baterías con ácido.
- Conectar baterías diferentes en serie o en paralelo.
- Cambiar la polaridad de la conexión.
- Manipular las baterías con herramientas no protegidas.
- Hacer servir la batería solar como elemento de arranque de vehículos.
- Añadir agua de consumo a la batería.

- La cercanía de llamas.

Las medidas de seguridad de las baterías son:

- Las baterías han de estar protegidas de un contacto eventual con objetos y/o herramientas metálicas en los bornes. La mejor solución consiste en colocar una cubierta de plástico o de madera.
- Las baterías contienen ácido, el cual es peligroso. Se ha de tener cuidado al manipularlas para evitar derrames.
- Se ha de garantizar una buena ventilación y evitar las temperaturas extremas.

2.7.6. Regulación de carga de acumuladores electroquímicos.

El funcionamiento de un acumulador eléctrico, sus prestaciones y su tiempo de vida dependen en gran parte del modo en que se lleven a cabo los procesos de carga y descarga del mismo. La supervisión automática de estos no la puede realizar el sistema FV y se hace necesaria la inclusión de un dispositivo que impide la entrada o salida de corriente de la batería cuando una carga excesiva o una descarga excesiva puede dañarla. Este dispositivo se llama regulador o controlador de carga.

Las principales funciones de los reguladores son:

- Proteger a la batería contra la sobre descarga. Esto pasa cuando la demanda de energía eléctrica provoca un estado de carga bajo en la batería, un estado que la puede perjudicial. Este modo de protección se implementa anulando la generación de corriente en la batería, desconectando esta de los circuitos de consumo;
- Proteger la batería contra sobrecarga. Esto pasa cuando con la batería en plena carga el sistema FV siguiese inyectando corriente en la misma. El regulador anula o reduce al mínimo la inyección de corriente procedente del sistema FV;
- Proporcionar información básica sobre el funcionamiento del sistema, monitorizando valores de tensión, intensidad de la batería, estado de carga.

Algunos reguladores incluyen dispositivos que substituyen a los diodos de bloqueo (denominadas y by-pass), que están destinadas a prevenir el flujo de energía eléctrica desde el acumulador eléctrico hacia los módulos FV en ausencia de irradiación. El dimensionado de este regulador de carga conduce al establecimiento de sus características nominales que son las siguientes:

- **Tensión nominal:** es la tensión nominal del sistema FV para el que fue diseñado el regulador. Algunos modelos de reguladores permiten la selección manual o automática de la tensión; el rango habitual es entre 12 y 48 V;
- **Intensidad nominal:** es la intensidad procedente del sistema FV que puede manejar normalmente el regulador. Esta capacidad de corriente suele coincidir con la que dispone el regulador en la línea de consumo.

Los niveles de tensión a los cuales el regulador realiza el control o los cortes se denominan puntos de regulación. Para los reguladores con regulación de sobrecarga y sobre descarga se utilizan 4 valores de tensión de regulación:

- Tensión corte de sobrecarga, que es la máxima tensión que el regulador permite que alcance la batería;
- Tensión de rearme de carga, que es la tensión a la que se reconecta el sistema FV para cargar la batería;

- Tensión de corte de sobre descarga, es el valor mínimo de tensión antes de desconectar el consumo;
- Tensión de rearme de descarga, es el valor de tensión que reconecta el consumo a la batería.

La técnica utilizada y las etapas que se pueden identificar en el proceso de regulación de carga se denominan estrategia de regulación. En el mercado existen reguladores de 2, 3 y 4 etapas descritas brevemente a continuación:

- Carga inicial: cuando la tensión alcanza un nivel prefijado el regulador permite el paso de toda la corriente disponible en el sistema FV, provocando el aumento progresivo de dicha tensión;
- Carga de absorción: cuando se alcanza la tensión final de carga en la batería, esta se mantiene durante algún tiempo modulando la corriente del sistema FV;
- Carga de flotación: cuando la batería está completamente cargada se interrumpe el paso de corriente hasta que la tensión se reduce a valor preestablecido, manteniéndose así modulando la corriente procedente del sistema FV;
- Carga de ecualización: periódicamente o después de un bajo estado de carga se somete a la batería a una ligera sobrecarga controlada, elevando así su tensión hasta un nivel ligeramente superior al de absorción.

El regulador de carga tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse peligrosamente pero, al mismo tiempo, evitando en lo posible que deje de aprovechar la energía captada por los módulos FV. Para ello, el regulador debe detectar y medir constantemente el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería y si éste llega al valor previamente establecido (la tensión máxima admisible), debe actuar de forma que impida que la corriente siga circulando hacia la batería.

Los valores que se usan para la elección de un regulador son la máxima corriente que permite que circule a través de él (debe ser un 20% superior a la máxima corriente del sistema FV) y la tensión de trabajo del acumulador eléctrico (generalmente 12, 24 o 48 V). Como la tensión de salida del aerogenerador es de 48 V se elige una tensión nominal del acumulador eléctrico igual a ésta. Por tanto, la tensión a la salida del regulador se debe adaptar a este valor.

2.7.7. El convertidor de energía eléctrica cc/ca.

Cuando nació la energía solar fotovoltaica, las instalaciones utilizaban la electricidad para los consumos al mismo voltaje y forma una onda que lo recibían de los módulos solares y de los acumuladores, es decir de 12, 24 o 48V de corriente continua. Esto marcó una gran diferencia con los usuarios que disponían de la red eléctrica o de grupos electrógenos (220V de corriente alterna).

El mercado de los electrodomésticos se ha adaptado a la mayoría de los usuarios y, por tanto, podemos encontrar cualquier aparato para funcionar a 220V. En cambio, conseguir electrodomésticos fiables, de calidad y a un precio razonable que funcione a bajo voltaje y corriente continua es casi imposible.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

El avance de la electrónica de potencia y la aparición de los transistores llamados GTO ha facilitado la construcción de aparatos convertidores de corriente continua en corriente alterna (cc/ca), llamados inversores, en función de si su salida es más o menos parecida a la onda sinusoidal que suministra la red eléctrica.

Las ventajas de disponer de energía eléctrica en forma de corriente alterna son diversas:

- Es el tipo de corriente eléctrica que más se utiliza en el mundo, da un punto de normalidad.
- Facilita la compra de electrodomésticos para poder acceder a los que son más eficientes.
- Permite mantener valores estables de voltaje y forma de onda, y a la variabilidad del estado de carga de las baterías.
- El trabajar a voltajes superiores (220 es 15 veces 12V) permite trabajar con corrientes eléctricas bajas y, por tanto, se pueden utilizar conductores más delgados, protecciones eléctricas habituales y se minimizan las pérdidas energéticas para calentar los conductores (efecto Joule).

Evidentemente, no todo son ventajas, también hay algún inconveniente:

- La instalación consta de un elemento más, el convertidor. Por tanto, disminuye la fiabilidad (ya que en el caso que falle el convertidor, el usuario se quedaría sin suministro energético a 220V).
- El convertidor tiene unas pérdidas eléctricas que se han de compensar generando más electricidad en los módulos (lo que no hace modificar el coeficiente de rendimiento global de las instalaciones en un 5%).
- En instalaciones pequeñas, el convertidor puede representar una parte importante del coste (por una instalación de 100Wp de potencia de módulos, un convertidor de 250 W puede suponer el 20% del coste total).
- Los convertidores, sobre todo los económicos, suelen dar problemas de acoplamiento eléctrico con algunos aparatos electrónicos, como las radios, los teléfonos móviles o los radioteléfonos y las emisiones. Estos acoplamientos se hacen evidentes con ruido bastante molesto y es difícil eliminarlo.

Las principales características que definen un convertidor son:

- **El voltaje de entrada (V_{cc}):** Este valor ha de ser igual al del acumulador (12, 24, 48V).
- **El voltaje de salida (V_{ca}):** Tiene que ser normalizado (230 V En Marruecos).
- **Estabilidad del voltaje de salida:** Se ha de mantener, como máximo, alrededor de $\pm 10\%$ que es el valor que las normas admiten para el voltaje de las redes eléctricas convencionales.
- **Tipos de onda:** Hay diversas posibilidades.
 - Onda cuadrada.
 - Onda sinusoidal modificada (trapezoidal).
 - Onda sinusoidal pura.

- **Capacidad de sobrecarga y de protección térmica:** Es muy útil en instalaciones donde hay motores, ya que en el momento de arranque se puede duplicar la potencia necesaria para el funcionamiento nominal, aunque sólo durante segundos. Hay que tener en cuenta, en el momento de arrancar, que cualquier motor (máquina, bomba o compresor) consume un pico de corriente que puede llegar a ser cinco veces la intensidad nominal y que, por regla general, es de tres veces, aproximadamente.
- **Eficiencia:** La eficiencia energética o el rendimiento de un convertidor es, por definición, la relación que hay entre la energía que facilita el convertidor a los consumos en corriente alterna y la energía que necesita este convertidor en la batería, con el fin de dar el servicio.
- **Arranque automático y estado en espera:** Permite que el equipo desconecte los circuitos de potencia en ausencia de consumo y los reconecte en el momento que haga falta.
- **Protección contra inversión de polaridad y cortocircuitos:** Estas opciones son básicas delante de las posibilidades de error o de funcionamiento defectuoso de los circuitos de consumo que son elevadas a lo largo de la vida del convertidor.

En este sentido es muy importante conocer la curva de eficiencia completa para cualquier índice de carga, ya que a menudo, hay convertidores con capacidad para soportar la potencia de diversos electrodomésticos.

Por tanto, interesa más que un convertidor mantenga valores de eficiencia razonables para una amplia ventana de potencias de salida que no otro que de una eficiencia espectacular a la potencia nominal y después sea malo en el resto de la gama.

2.7.8. Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas.

Las instalaciones de generación de energía eléctrica fotovoltaica presentan las siguientes ventajas:

- **Son sistemas modulares**, lo que facilita su flexibilidad para adaptarse a diferentes tipos de aplicaciones, y su instalación es relativamente sencilla.
- **Tienen una larga duración.** La vida útil de una planta fotovoltaica, la define la vida útil de sus componentes, principalmente el generador o módulo fotovoltaico, que constituye más del 50% del valor de la instalación. Los módulos tienen una vida esperada de más de 40 años. Realmente no se tienen datos para saber con exactitud la vida real de un generador conectado a red porque no se tiene suficiente perspectiva, existen módulos de instalaciones aisladas de red que llevan funcionando más de 30 años sin problemas.

En cuanto a las instalaciones conectadas a red, la instalación europea más antigua es la del Laboratorio de energía, Ecología y Economía (LEEE) de Lugano, Suiza, que empezó a funcionar hace veinte años. Los expertos de LEEE aseguran, que esta instalación, pionera en todos los aspectos, puede estar en funcionamiento, al menos, diez años más. La vida útil de los restantes elementos que componen la planta FV, inversores y medidores, así como los elementos auxiliares, cableado, canalizaciones,

cajas de conexión, etc., es la vida útil típica todo equipo electrónico y material eléctrico, la cual es compatible con la larga vida útil del generador FV, con el adecuado mantenimiento.

- **No requieren apenas mantenimiento.** El mantenimiento es escaso, y no solo es conveniente hacerlo en las horas nocturnas para tener una disponibilidad diurna máxima, sino que es necesario, para evitar que existan tensiones en los generadores.
- **Ofrecen una elevada fiabilidad.** Las instalaciones fotovoltaicas son de una alta fiabilidad y disponibilidad operativa alta, del orden del 95%.
- **No producen ningún tipo de contaminación ambiental,** por lo que contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al utilizarse como alternativa a otros sistemas generadores de energía eléctrica más contaminantes.
- Tienen **un funcionamiento silencioso.**

Por otro lado, para conseguir su plena incorporación a los hábitos de la sociedad, como una solución complementaria a los sistemas tradicionales de suministro eléctrico, es necesario superar ciertas barreras:

- A nivel económico se deberá fomentar la reducción de los costes de fabricación y precio final de la instalación a partir de las innovaciones que se introduzcan en el sector y a las economías de escala generadas como consecuencia del aumento de la demanda y de los volúmenes de producción. Del mismo modo, se deberán conseguir condiciones de financiación aceptables para abordar la inversión necesaria.

3. Energía eólica.

3.1 Introducción.

El viento es un fenómeno presente en todos los lugares del planeta, con mayor o menor intensidad. La energía cinética asociada a estas masas de aire en movimiento es lo que se conoce como energía eólica y es, quizás, la fuente de energía que primero llamó la atención de nuestros ancestros, tras el descubrimiento del fuego. Durante milenios se han empleado los molinos para transformar esta energía en trabajo mecánico, con configuraciones que han ido variando a lo largo de la historia. A finales del siglo XIX, se fabricó el primer molino para la generación eléctrica dando paso a los aerogeneradores. Siendo, esta aplicación, la que hoy en día destaca en el aprovechamiento de la energía eólica.

El mercado actual de aerogeneradores está dominado por las turbinas de eje horizontal de 3 palas, las cuales transfieren su energía mecánica a un generador eléctrico, por lo general, asíncrono con una potencia por debajo del megavatio.

A pesar de ser ésta la más abundante, existen aerogeneradores de eje vertical, con distintos números de pala,... Las líneas de investigación actuales se dirigen especialmente hacia los grandes aerogeneradores, aunque cada vez se presta más

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

atención al mercado de los de baja potencia, con un gran mercado potencial en países en vías de desarrollo (China, India, ...).

La energía eólica para la generación eléctrica es la energía renovable sobre la que se realizan los mayores esfuerzos de implantación y desarrollo en el ámbito institucional. Esto origina ritmos de crecimiento espectaculares, que en el caso de la UE alcanza un 27% entre el año 1.999 y el 2.000, en el caso de España este porcentaje se sitúa en el 46,1%. Estas cifras sitúan a la UE como líder mundial en este sector con una potencia instalada de 16.622 MW.

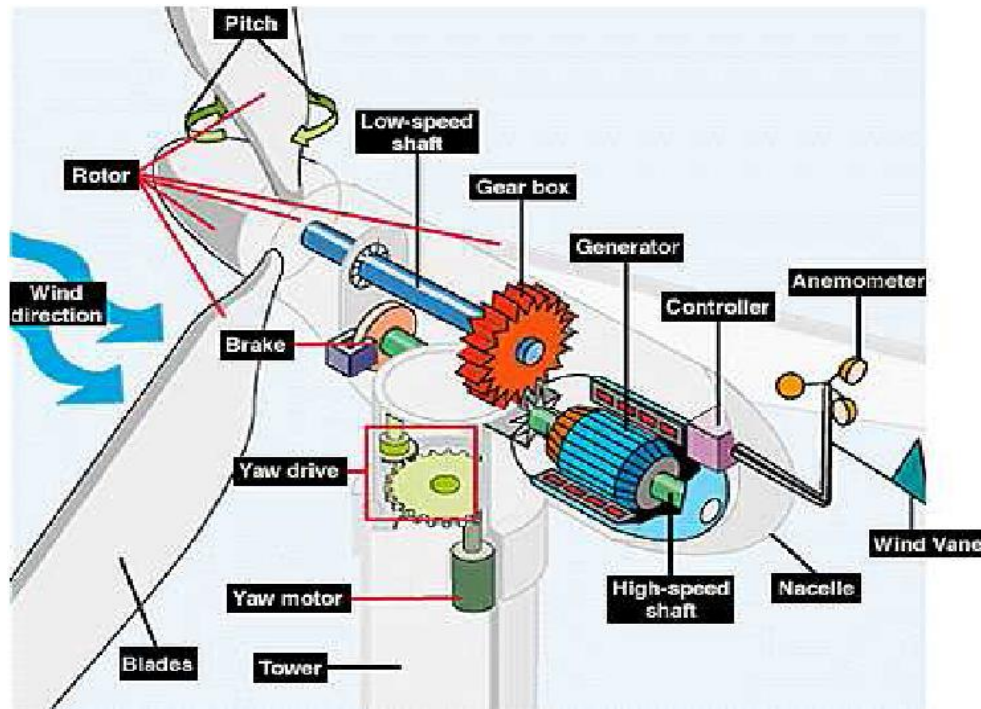


Figura 23. Esquema de un aerogenerador.

- **Palas del rotor (blades):** son las encargadas de capturar el viento y transmitir su potencia hacia el buje. Normalmente encontramos en el diseño de los aerogeneradores que se realizan con 3 palas y que las características de éstas son muy similares a la de las alas de un avión.
- **Buje (hub):** el buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.
- **Eje de baja velocidad (low-speed shaft):** conecta el buje del rotor al multiplicador. El rotor gira muy lento, de unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.).
- **Multiplicadora (gear box):** tiene a un lado el eje de baja velocidad y al otro el de alta. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad.
- **Eje de alta velocidad (high-speed shaft):** gira aproximadamente a 1.500 r.p.m. lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está con un freno de disco mecánico

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

de emergencia (brake). El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

- **Generador eléctrico (generator):** es quien genera la electricidad cuando hay su_ciente viento como para rotar las palas. La electricidad se trans_ere a la siguiente etapa usando el cableado.
- **Controlador electrónico (controller):** ordenador que continuamente monitoriza las condiciones de las que se rodea el aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. Es el encargado de parar automáticamente el aerogenerador cuando éste se encuentra en condiciones anó-malas.
- **Mecanismo de orientación (yaw system):** activado por el controlador electrónico, es el encargado de orientar la góndola según la dirección del viento.
- **Anemómetro (anemometer):** las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza una velocidad de aproximadamente 3m/s. Dicho controlador parará el aerogenerador si la velocidad del viento excede a los 24m/s entrando el aerogenerador en modo supervivencia, con el _n de protegerlo.
- **Veleta (wind vane):** nos proporciona la dirección del viento, las señales que obtenemos de la veleta son las encargadas de activar el mecanismo de orientación para girar el aerogenerador en contra del viento.
- **Torre (tower):** encargada de soportar la góndola y el rotor, y todas las cargas y pesos que derivan de éstos.

3.2. Estudio de las tecnologías existentes.

Como ya se nombró anteriormente la energía eólica es la energía obtenida del viento, o sea, la energía cinética generada por el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. Dentro del marco de energías renovables, la energía eólica es la que más evolución está teniendo porcentualmente año tras año y la que más energía produce, dejando tras de sí la energía hidráulica, energía de la biomasa, energía solar...

La industria de la energía eólica en tiempos modernos comenzó en 1979 con la producción en serie de turbinas de viento por los fabricantes Kuriant, Vestas, Nordtank, y Bonus. Aquellas turbinas eran pequeñas para los estándares actuales, con capacidades de 20 a 30 kW cada una. Desde entonces, la talla de las turbinas ha crecido enormemente, y la producción se ha expandido a muchos países.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Decir que los datos que se muestran a continuación pertenecen a turbinas eólicas terrestres, aunque podemos obtener proporcionalmente los datos equivalentes a turbinas eólicas marinas sabiendo que la capacidad de éstas últimas se acerca al 1,2% de la total.

3.3. Producción eólica por países.

En la figura 24, podemos observar la potencia instalada eólica mundial y las predicciones que se dieron para años sucesivos. Esta información también la encontramos desglosada por países en la tabla 2.

La capacidad mundial instalada alcanza en 2008 más de los 120.000MW, siendo el crecimiento respecto al año anterior de un 30 %, evitando así la emisión de 20 millones de toneladas de CO₂ y la importación de combustibles fósiles por valor de más de 1.200 millones de . Todas las turbinas eólicas instaladas alrededor del mundo hasta finales del año 2008 generan 260TWh por año, superando el 1,5% del consumo eléctrico global.

El sector eólico se ha transformado en un generador global de empleo y ha creado 440.000 puestos de trabajo en todo el mundo, representando en este mismo año un volumen de ventas de 40 billones de euros. Datos e imágenes según World Wind Energy Association (WWEA, informe 2008).

Observando la tabla 2, destacamos la actuación de Estados Unidos que ha duplicado su capacidad instalada y ocupa el lugar pionero de Alemania en términos de instalaciones totales. También destacamos la actuación de China en el año 2008, ya que solo en éste periodo pasa de poseer 2,4GW a más de 12 GW de potencia eólica instalada.

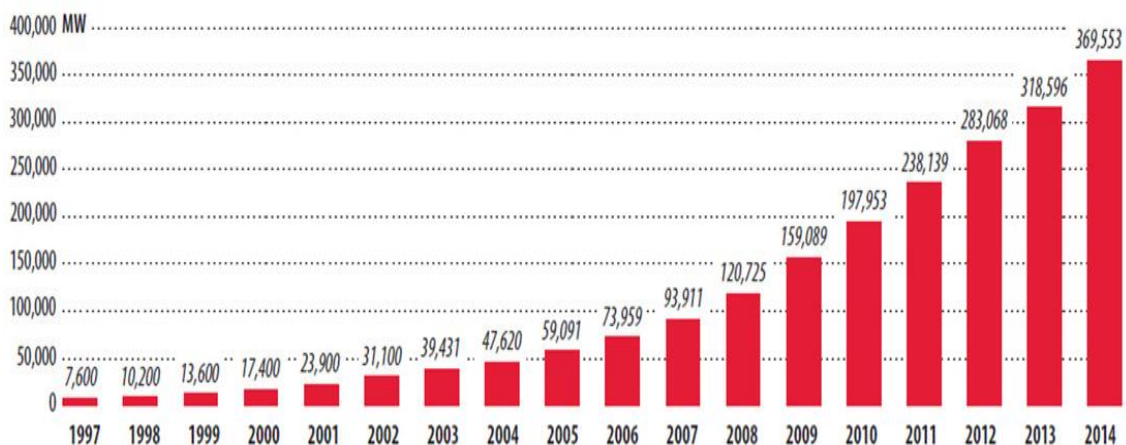


Figura 24. Potencia eólica instalada.

3.4. Producción eólica en Marruecos.

La producción de energía en Marruecos en 2012 fue de 26.495,2 GWh, cuyo origen mayoritario es la energía térmica (casi un 90%). La hidráulica (6,18%) y la eólica (2,76%) suponen un pequeño porcentaje del total de la producción energética marroquí. La potencia total instalada en Marruecos en 2012 era de 6.692MW, de los cuales 4.667

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

son térmicos, 1.770 hidráulicos y 255 eólicos.

Ante este panorama de dependencia del exterior, así como de la importación de carbón e hidrocarburos, las autoridades marroquíes diseñaron en 2010 un plan para promover las energías renovables en el país. La intención es que el mix energético en 2020 incluya un 42% de energía producida a través de energías renovables: 14% solar, 14% eólica, 14% hidráulica. Se han realizado diversos estudios para estudiar el potencial solar (el 30% del territorio recibe anualmente más de 2.000 kWh/m²) y el potencial eólico (7.939 TWh/año, el potencial técnico es menor) en Marruecos.

Además, el Programa Eólico Integrado de 1000 MW, que consta de dos fases, pretende la construcción de otros cinco parques eólicos. La potencia instalada total de origen eólico ascenderá así a los 2.000 MW, igual que en el caso de la energía solar. La inversión en este programa asciende a 3.500 millones de dólares.

Tabla 2. Capacidad total de energía eólica.

Evolución de la potencia instalada en Marruecos (MW)											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Térmica	3.189	3.189	3.069	3.449	3.449	3.449	3.449	4.165	4.352	4.352	4.667
Hidráulica	1.167	1.265	1.498	1.729	1.729	1.729	1.729	1.749	1.770,1	1.770,1	1.770,1
Eólica	54	54	54	54	54	114	114	221	221	254,9	254,9
Total	4.410	4.508	4.621	5.232	5.232	5.292	5.292	6.135	6.343,1	6.377	6.692



Figura 25. Parque eólico de Tánger(140 MW).

Aunque la mayor parte de la energía es suministrada por grandes parques eólicos se pueden utilizar instalaciones eólicas de pequeño tamaño. La potencia de estas máquinas oscila desde unos kilovatios hasta el centenar y se puede utilizar en casas aisladas,

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

granjas, sistemas de comunicación y otras aplicaciones como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de aerogeneradores para producción eléctrica en función de su potencia. Fuente: Energía Eólica.

Denominación	Potencia nominal [kW]	Utilización
Muy baja	1÷10	Iluminación, sistemas de comunicación, refugios de montaña, viviendas aisladas (sistemas EO-FV), granjas, bombas de agua, etc.
Baja	10÷100	Comunidades de vecinos, sistemas mixtos EO-Diesel, tratamientos, drenaje de aguas, etc.
Media	100÷1000	Parques eólicos (terreno complejo).
Alta	1000÷10000	Parques eólicos (terreno llano, mar adentro).
Muy alta	>10000	En fase de investigación y desarrollo, requieren nuevos diseños y materiales no convencionales.

Los generadores eólicos de baja potencia, también llamados aerogeneradores, tienen las siguientes ventajas:

- se evitan pérdidas en transporte ya que la energía se producía en el mismo lugar que se demanda;
- no se requieren grandes espacios para su instalación;
- en caso de que no es un consumidor aislado, esta tecnología permite al consumidor ser productor de energía, vendiendo la energía excedente a los demás consumidores a través de la red.

Los aerogeneradores con una potencia menor de 1 kW, microaerogeneradores, se emplean en una gran variedad de aplicaciones como refugios de montaña, la carga de baterías para embarcaciones, sistemas de comunicación, etc. Las turbinas de 1 a 10 kW, miniaerogeneradores, se suelen usar en viviendas aisladas, comunidades de vecinos, para bombear agua, etc.

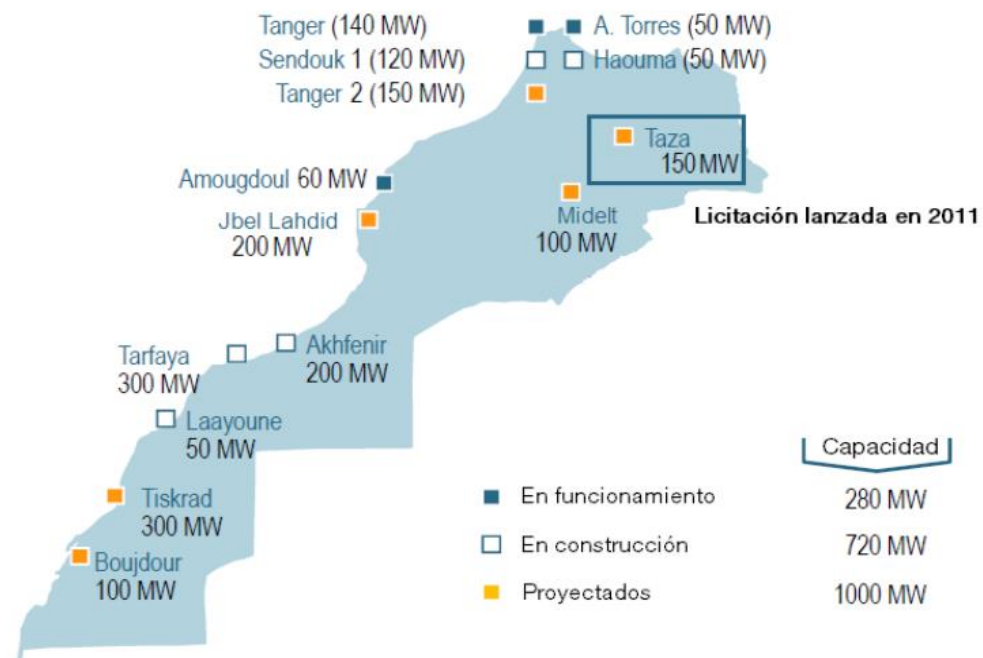


Figura 26.Parques eólicos en funcionamiento, construcción y proyectados en Marruecos.

3.5. Caracterización energética del viento.

La masa de aire en movimiento es energía cinética que puede ser transformada en energía eléctrica. La cantidad de energía que contiene el viento, antes de pasar a través de un rotor, depende de tres parámetros: la velocidad del viento incidente, la densidad del aire y el área barrida por el rotor. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{S \cdot v^3 \cdot \rho}{2} \quad (3.1)$$

Donde:

- P es la potencia [W]
- ρ es la densidad del aire [kg/m³]
- S es la superficie barrida por el rotor [m²]
- v es la velocidad del viento [m/s]

Del análisis de esta ecuación se puede obtener las siguientes conclusiones:

- la energía del viento es proporcional al cubo de la velocidad.
- la potencia es directamente proporcional al área barrida por el rotor de la turbina que tiene la expresión:

$$S = \pi R^2 \quad (3.2)$$

Donde:

- R radio del rotor.

Por lo tanto la cantidad de energía depende de la radio del rotor.

Antes de instalar un aerogenerador es conveniente conocer el potencial del viento en el lugar de emplazamiento. Un incremento del diámetro del rotor produce un importante incremento de la potencia.

- la potencia depende linealmente de la densidad del aire, cuanto más pesado sea el aire más energía recibirá el aerogenerador. La densidad del aire varía con la temperatura y la altura. El aire caliente es menos denso que el frío y por tanto cualquier turbina producirá menos energía durante el verano que durante el invierno con la misma velocidad del viento. También, a una igual temperatura, en un lugar situado a una cota próxima al nivel del mar, el aerogenerador tendrá una energía producida superior a otro que se encuentre a mayor altitud, por el hecho de que la densidad del aire disminuye con la altura.

Por tanto para hacer una aproximación del aporte de la cantidad de energía eléctrica a producir por una instalación eólica se necesitan dos cosas:

- **la velocidad media del viento en aquella zona.**
- **el tipo de aerogenerador utilizado.**

3.6. Tipos de aerogeneradores.

Los dos grandes grupos de aerogeneradores, que dependen de la posición del eje de giro respecto a la dirección del viento, son:

- **Aerogeneradores de eje horizontal (HAWT)**, el eje de rotación es paralelo a la dirección del viento como se puede observar en la Figura 27.

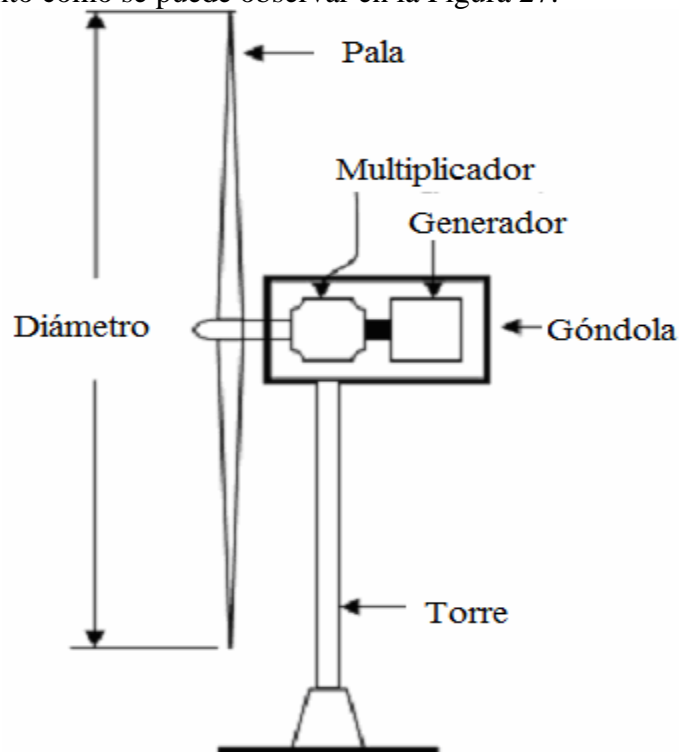


Figura 27. Aerogenerador de eje horizontal.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Se puede clasificar, según su velocidad de giro en:

- Aerogeneradores lentos: tienen en general un número alto de palas. Poseen un elevado par de arranque, gracias al cual pueden ponerse en marcha incluso con velocidades de viento muy bajas. Su baja velocidad de rotación hace que no se utilicen para la producción de energía eléctrica, sino que son más adecuados para bombear agua.
- Aerogeneradores rápidos: presentan un par de arranque pequeño y requieren velocidades de viento del orden 4 a 5 m/s para su puesta en marcha. La mayoría poseen tres palas y se utilizan para la producción de energía eléctrica. Su gama de potencias es muy amplia, va desde modelos de 1 kW para instalaciones autónomas a modelos de gran potencia (hasta unos 10 MW actualmente).
- Aerogeneradores de velocidad intermedia: tienen entre 3 y 6 palas y sus características se encuentran entre las correspondientes a los dos casos anteriores. Se utilizan cuando las condiciones de viento no son muy favorables y en general son de pequeña potencia y se destinan a la producción de energía eléctrica, generalmente, para equipos aislados.
- **Aerogeneradores de eje vertical (VAWT)**, el eje de rotación es perpendicular a la dirección del viento. Se puede clasificar, según dos diseños básicos en:
 - Tipo Savonius: se compone de dos semicilindros de igual diámetro situados paralelamente al eje vertical de giro (Figura 28). La principal ventaja consiste en que puede trabajar con velocidades de viento muy bajas. Presenta buenas características aerodinámicas para el autoarranque. Se utiliza en la producción de energía eléctrica en redes aisladas o para el bombeo de agua.

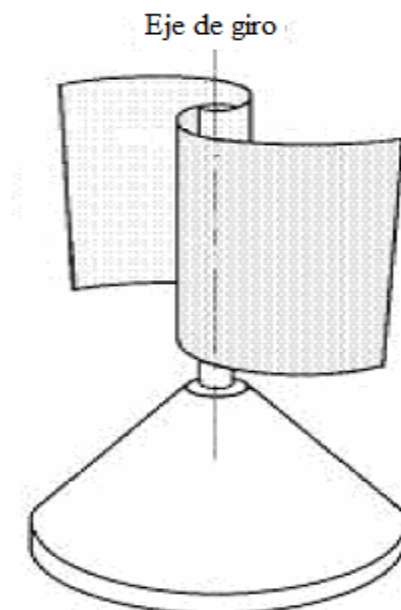


Figura 28. Aerogenerador en eje vertical Savonius.

- Tipo Darrieus: está formado por tres alas de forma ovalada de perfil aerodinámico (Figura 29). Tiene características parecidas a las de eje horizontal con un par de arranque muy pequeño. Su potencia es pequeña y aunque su aplicación es similar a los aerogeneradores rápidos de eje horizontal, están poco implantados.

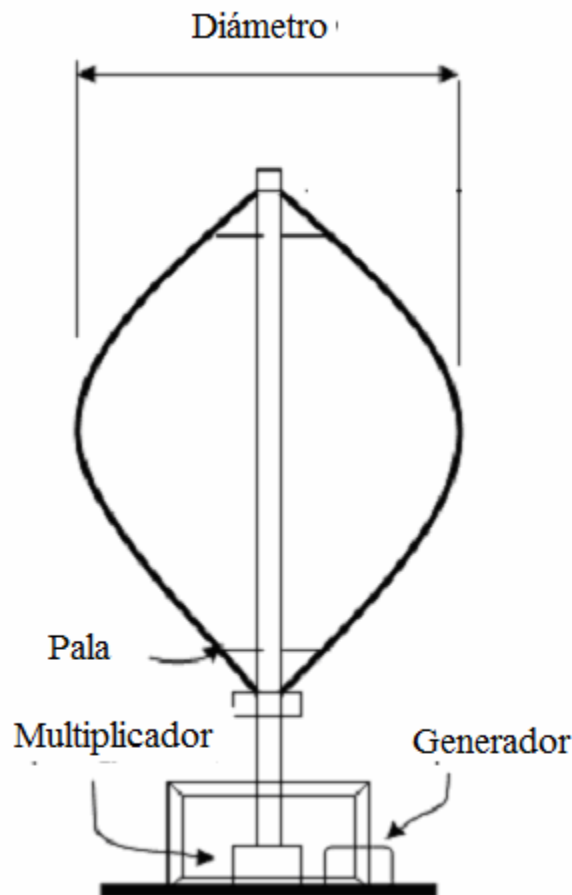


Figura 29. Aerogenerador en eje vertical Darrieus.

Debido a su simetría vertical no necesitan sistemas de orientación para alinear el eje de la turbina con la dirección del viento y por tanto su mantenimiento es sencillo. Presentan menor velocidad de giro y su rendimiento es menor cuando se comparan con aerogeneradores de eje horizontal de la misma potencia.

3.7. Área de barrido del rotor.

Un aerogenerador típico de 1.000 kW tiene un diámetro del rotor de 54 metros, lo que supone un área del rotor de unos 2.300 metros cuadrados. El área del rotor determina cuanta energía del viento es capaz de capturar una turbina eólica. Dado que el área del rotor aumenta con el cuadrado del diámetro del rotor, una turbina que sea dos veces más grande recibirá $2^2 = 2 \times 2 =$ cuatro veces más energía. La página sobre tamaño de los aerogeneradores le proporcionará más detalles.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Para grandes potencias por ejemplo de 1MW, se requieren máquinas con rotores de 50 m de diámetro. Obviamente, la tecnología para hacer un molino de viento de estas dimensiones no es sencilla.

La figura 30 nos muestra como varían los tamaños de máquinas en función de la potencia que deben entregar.

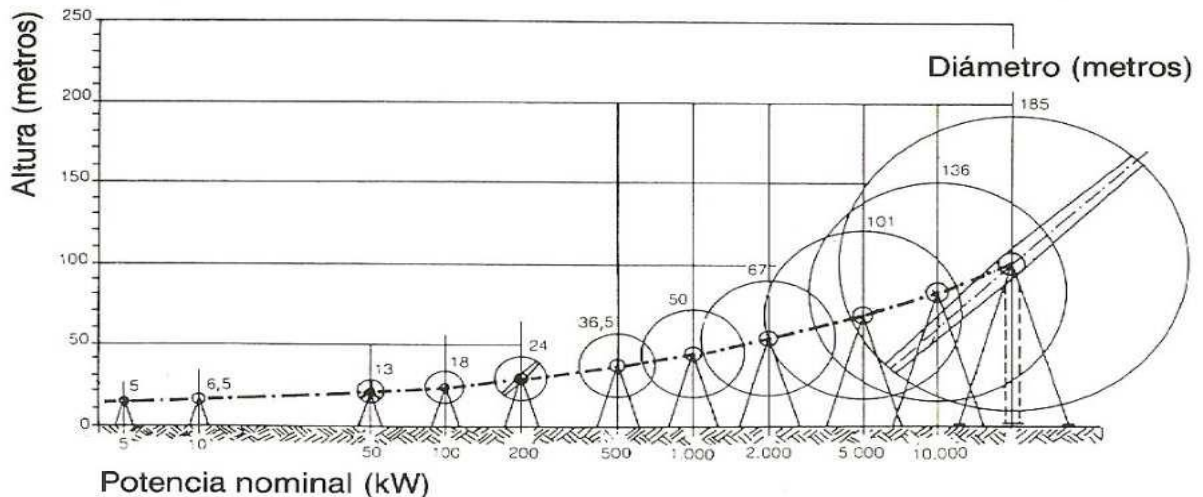


Figura 30. Dimensiones de las máquinas de eje horizontal en función de la potencia requerida.

La figura 31 ilustra el diámetro de los aerogeneradores en función de su potencia nominal para el escenario comercial actual. En realidad existen pequeñas diferencias respecto a lo que se muestra en dicha figura, debido a diferencias entre las velocidades nominales de diseño, es decir, la velocidad de viento a la cual el aerogenerador alcanza su potencia nominal.

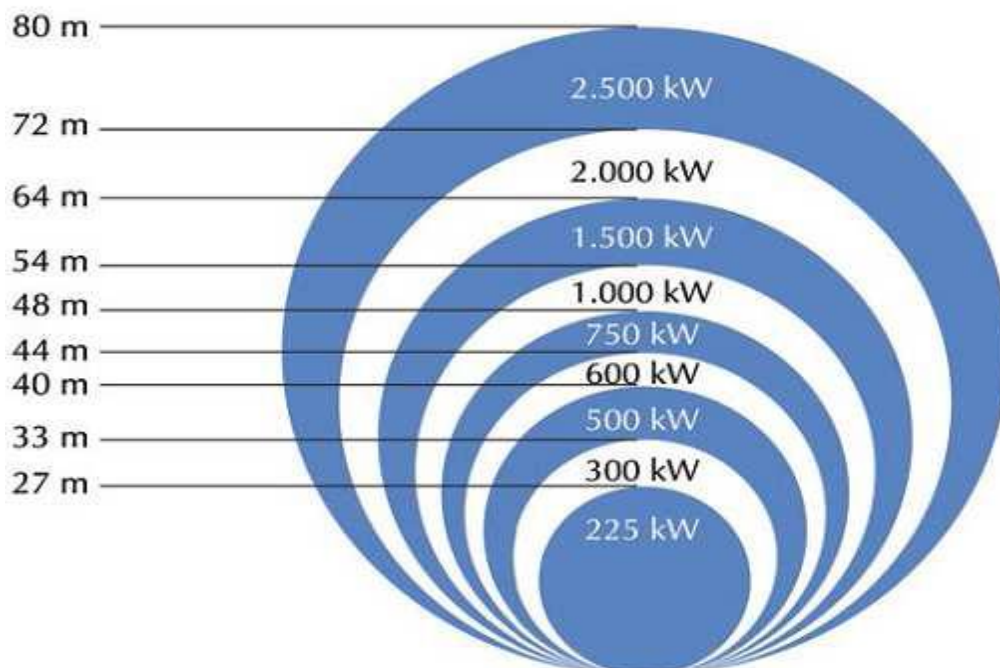


Figura 31. Diámetros de rotor en función de la potencia requerida.

3.8. La potencia del viento.

La velocidad del viento es muy importante para la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad: la cantidad de energía que posee el viento varía con el cubo de la velocidad media del viento.

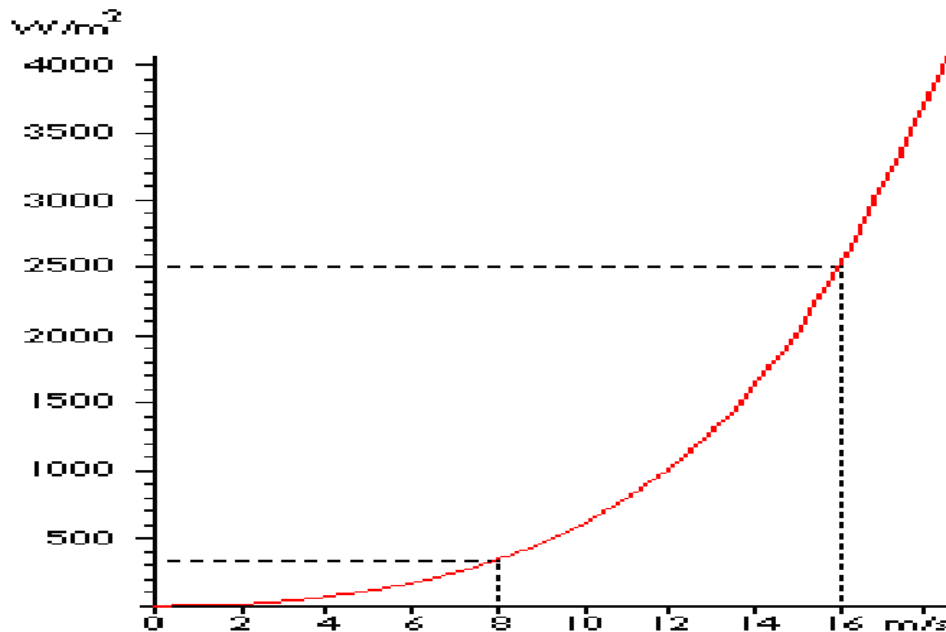


Figura 32. Potencia en función de la velocidad.

El gráfico muestra que con una velocidad del viento de 8 metros por segundo obtenemos una potencia (cantidad de energía por segundo) de 314 W por cada metro cuadrado expuesto al viento (viento incidiendo perpendicularmente al área barrida por el rotor). A 16 m/s obtendremos una potencia ocho veces mayor, esto es, 2.509 W/m². La tabla de la sección manual de referencia proporciona la potencia por metro cuadrado de superficie expuesta al viento para diferentes velocidades del viento.

La potencia del viento que pasa perpendicularmente a través de un área circular es:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (3.3)$$

Donde

P = potencia del viento medida en W (vatios).

ρ = densidad del aire seco = 1.225 medida en kg/m³ (kilogramos por metro cúbico, a la presión atmosférica promedio a nivel del mar y a 15° C).

v = velocidad del viento medida en m/s (metros por segundo).

r = radio (esto es, la mitad de un diámetro) del rotor medido en m (metros).

3.9. Torre.

Las máquinas eólicas deben estar situadas sobre una estructura de soporte capaz de aguantar el empuje del viento. Existen varios tipos de torres como los que se describen a continuación (Figura 33).

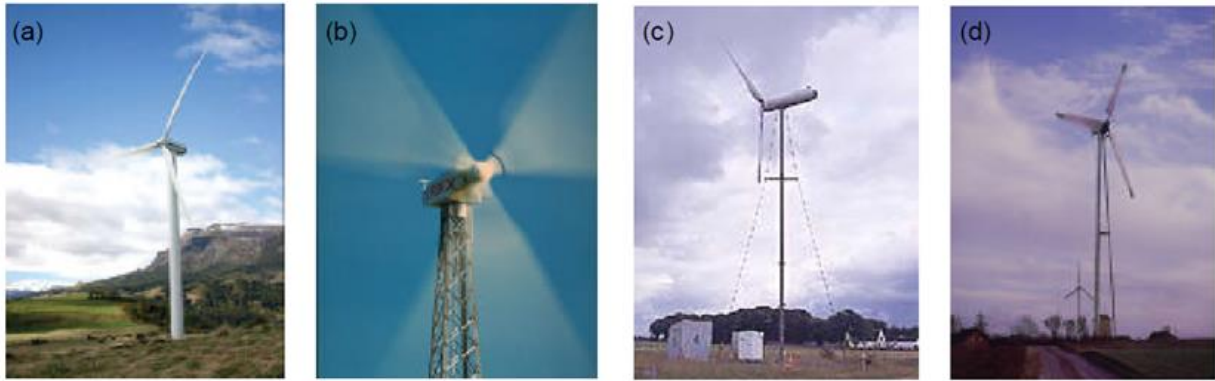


Figura 33. Tipos de torre: (a) tubular, (b) celosía, (c) tensada y (d) híbrida.

a) Torres tubulares de acero.- En el caso de los grandes aerogeneradores generalmente se utilizan torres tubulares de acero (Figura 33 a), fabricadas en secciones de 20-30 metros con bridas en cada uno de los extremos, y son unidas con pernos "in situ". Las torres son tronco-cónicas, es decir con un diámetro creciente hacia la base, con el fin de aumentar su resistencia y al mismo tiempo ahorrar material.

b) Torres de celosía.- Son fabricadas utilizando perfiles de acero soldados (Figura 33 b). La ventaja básica de las torres de celosía es su costo, puesto que para su fabricación se requiere sólo la mitad de material que en una torre tubular. La principal desventaja de este tipo de torres es su apariencia visual. En cualquier caso, por razones estéticas, las torres de celosía han desaparecido prácticamente en los grandes aerogeneradores modernos. Son muy comunes en la India, aunque se encuentran en otros países como Alemania y EE.UU.

c) Torres de mástil tensado.- Muchos de los aerogeneradores pequeños están contruidos con delgadas torres de mástil sostenidas por cables tensores (Figura 33 c). La ventaja es el ahorro de peso y, por lo tanto, de costo. Las desventajas son el difícil acceso a las zonas alrededor de la torre, lo que las hace menos apropiadas para zonas agrícolas. Las torres tubulares son las que ofrecen una vista más agradable, pero son las más costosas y, a menos que estén articuladas para arriarlas, son también las que ofrecen más dificultades a la hora de efectuar el mantenimiento de la turbina. Las torres con tensores son las menos costosas.

d) Torres híbridas.- Algunas torres están hechas con diferentes combinaciones de las ya mencionadas. Un ejemplo es la torre de tres patas Bonus 95 kW, de la que podría decirse que es un híbrido entre una torre de celosía y una torre tensada con vientos (Figura 33 d).

3.10. Distribución Weibull.

La potencia generada por los aerogeneradores en relación a la velocidad del viento viene por la denominada curva de potencia. Dicha curva es una de las características más significativas de los aerogeneradores y cada tipo de aerogenerador tiene su propia curva de potencia. Se hace preciso conocer el perfil de las velocidades del viento para aproximar la potencia entregada por el aerogenerador.

La velocidad del viento está siempre cambiando y por eso es preciso utilizar métodos estadísticos para poder describir su evolución a lo largo de un periodo.

Existen varias funciones que pueden describir la frecuencia de las velocidades en una curva. Las dos más importantes y más utilizados son las funciones de Weibull y Rayleigh. La distribución de Weibull tiene dos parámetros y la de Rayleigh tiene solamente uno lo que hace que la primera mencionada sea algo más versátil.

La distribución Weibull es una función de probabilidad, representada mediante una, que muestra en tanto por ciento la distribución de la velocidad de viento a lo largo de un periodo de tiempo en un lugar determinado.

La distribución estadística de las velocidades del viento varía de un lugar a otro del globo, dependiendo de las condiciones climáticas locales, del paisaje y de su superficie. La distribución de Weibull utilizada puede variar tanto en la forma como en el valor medio.

La distribución de Weibull es la función de densidad de probabilidad de la distribución de la velocidad del viento $f(v)$ y tiene la forma:

$$F(v) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (k > 0, v > 0, c > 1) \quad (3.4)$$

Donde:

- c es el parámetro de escala
- k es el parámetro forma de distribución

Los dos parámetros indican las características promediadas del viento en el emplazamiento.

El factor de distribución de forma de energía eólica, k , se define como la relación entre la energía obtenida en un año y la energía que se obtendría en ese año si la velocidad del viento se mantuviera constante e igual a la velocidad media (que no es realmente disponible).

Como la energía eólica esta proporcional al cubo de la velocidad del viento, se puede escribir:

$$k = \frac{v^3}{\bar{v}^3} \quad (3.5)$$

Donde:

- v^3 Es la velocidad instantánea del viento [m/s]

- \bar{v}^{-3} Es la velocidad media del viento [m/s]

En dos lugares en los que la velocidad media del viento \bar{v} sea la misma, se tendrá más energía disponible en aquel en que el factor de distribución k sea mayor como se puede observar en la Figura 34.

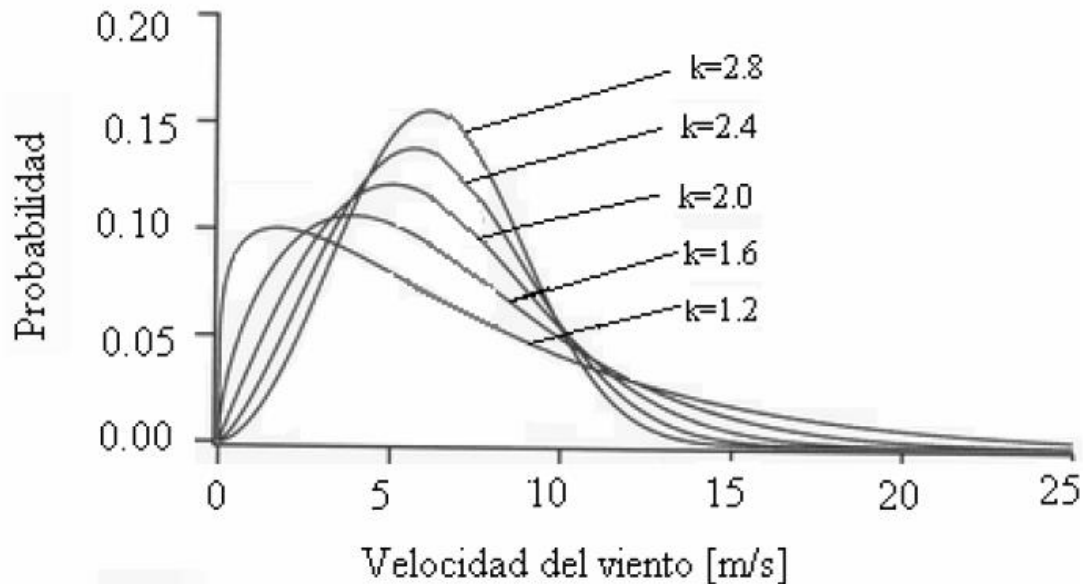


Figura 34. Densidad de probabilidad de la distribución de la velocidad del viento para diferentes parámetros de forma.

El área bajo la curva siempre vale exactamente 1, ya que la probabilidad de que el viento sople a cualquiera de las velocidades, incluyendo el cero, debe ser del 100 %. Se puede observar que la función de densidad de Weibull es relativamente más estrecha cuando el parámetro de forma crece. El pico también se mueve en la dirección superior de la velocidad del viento cuando aumenta el parámetro de forma.

En la mayoría de los casos los valores de k están comprendidos entre 1.3 y 4.3 pero cuando no se dispone de muchos datos suele aceptarse la simplificación de hacer $k=2$, que se conoce como distribución de Rayleigh.

Hoy en día, la adquisición de datos en muchos lugares del mundo permite describir con bastante fiabilidad la función de densidad de Weibull si el período de tiempo no es demasiado corto.

Periodos de horas, o incluso de varios días son insuficientes para definir con fiabilidad la función de densidad de Weibull (o cualquier otra función de estadística), pero con períodos de varias semanas o meses, generalmente la función de densidad de Weibull se ajusta razonablemente bien a los datos observados.

3.11. Rosa de los vientos.

Para realizar la rosa de los vientos es necesario un estudio estadístico de la frecuencia de cada dirección del viento.

La rosa de los vientos es un gráfico radial que permite obtener información sobre la velocidad y orientación del viento. Muestra las diversas orientaciones y velocidades del viento dividiendo la circunferencia en varios sectores. El caso más general es dividirla en dieciséis sectores, puesto que es un modelo más preciso. Entonces, las zonas se subdividen de la siguiente manera:

- Norte (N)
- Norte Noreste (NNE)
- Noreste (NE)
- Este Noreste (ENE)
- Este (E)
- Este Sudeste (ESE)
- Sudeste (SE)
- Sur Sudeste (SSE)
- Sur (S)
- Sur Suroeste (SSO)
- Suroeste (SONIDO)
- Oeste Suroeste (OSO)
- Oeste (O)
- Oeste Noroeste (ONO)
- Noroeste (NO)
- Norte Noroeste (NNO)

Como ejemplo de ello, la figura siguiente representación general de los valores medios de frecuencia y velocidad en cada dirección:



Figura 35. Representación general de los valores medios de frecuencia y velocidad en cada dirección.

3.12. Teoría de Betz.

La teoría global del generador eólico de eje horizontal fue establecida por el alemán Betz.

Betz supone que el aerogenerador se ubica en un sector de aire animado, donde delante de la máquina la velocidad es V_1 y detrás V_2 .

Consideremos, cosa bastante razonable, que la velocidad promedio del viento a través del área del rotor es el promedio de la velocidad del viento sin perturbar antes de la turbina eólica, v_1 , y la velocidad del viento después de su paso por el plano del rotor, v_2 , esto es, $(v_1+v_2)/2$. (Betz ofrece una demostración de esto)

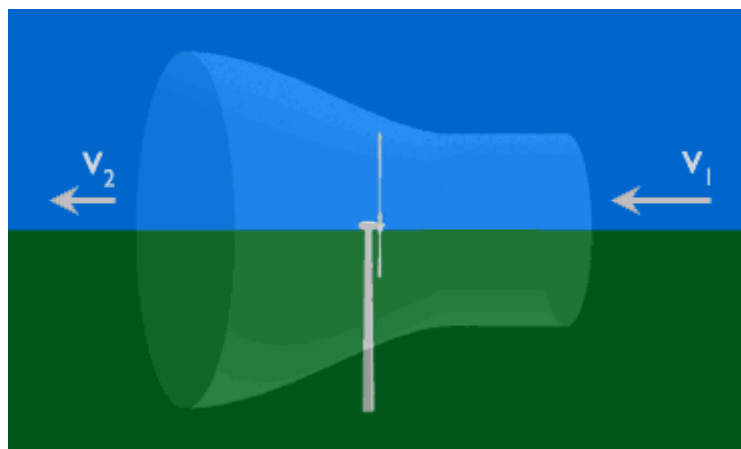


Figura 36. Tubo de corriente.

El caudal másico es la masa de la corriente de aire a través del rotor durante un segundo y su ecuación es:

$$m' = r.A (v_1+v_2)/2 \quad (3.6)$$

donde:

m es la masa por segundo

r es la densidad del aire

A es el área barrida por el rotor

$[(v_1+v_2)/2]$ es la velocidad del viento promedio a través del área del rotor.

La potencia del viento extraída por el rotor es igual a la masa por la diferencia de los cuadrados de la velocidad del viento

$$P = (1/2) m' (v_1^2 - v_2^2) \quad (3.7)$$

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Sustituyendo en esta expresión la m' de la primera ecuación obtenemos la siguiente expresión para la potencia extraída del viento:

$$P = (\pi/4) (v_1^2 - v_2^2) (v_1 + v_2) .A \quad (3.8)$$

Ahora, comparemos nuestro resultado con la potencia total de una corriente de viento no perturbada a través de exactamente la misma área A , sin ningún rotor que bloquee el viento. Llamamos a esta potencia P_0 :

$$P_0 = (\pi/2) v_1^3 .A \quad (3.9)$$

El ratio entre la potencia que extraemos del viento y la potencia del viento sin perturbar es:

$$(P/P_0) = (1/2) (1 - (v_2/v_1)^2) (1 + (v_2/v_1)) \quad (3.10)$$

Podemos dibujar P/P_0 en función de v_2/v_1 :

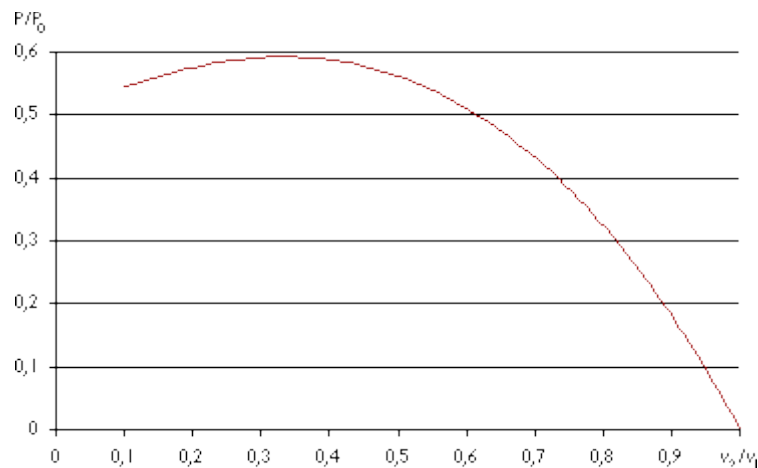


Figura 37. P/P_0 en función de v_2/v_1 .

Podemos ver que la función alcanza su máximo para $v_2/v_1 = 1/3$, y que el valor máximo de la potencia extraída del viento es de 0,59 veces ó $16/27$ de la potencia total del viento.

3.13. Mapa eólico de Marruecos.

Otro de los recursos de los que dispone Marruecos para producir energías renovables es el viento. Como se puede observar en el gráfico, las zonas que cuentan con unas velocidades medias mayores son:

- Tánger y Tetuán con unas velocidades medias anuales de 8-11 m/s a 10 metros.
- Dakhla, Laayoune, Tarfaya, Taza y Essaouira con velocidades medias anuales de 7-8,5m/s a 10 metros.

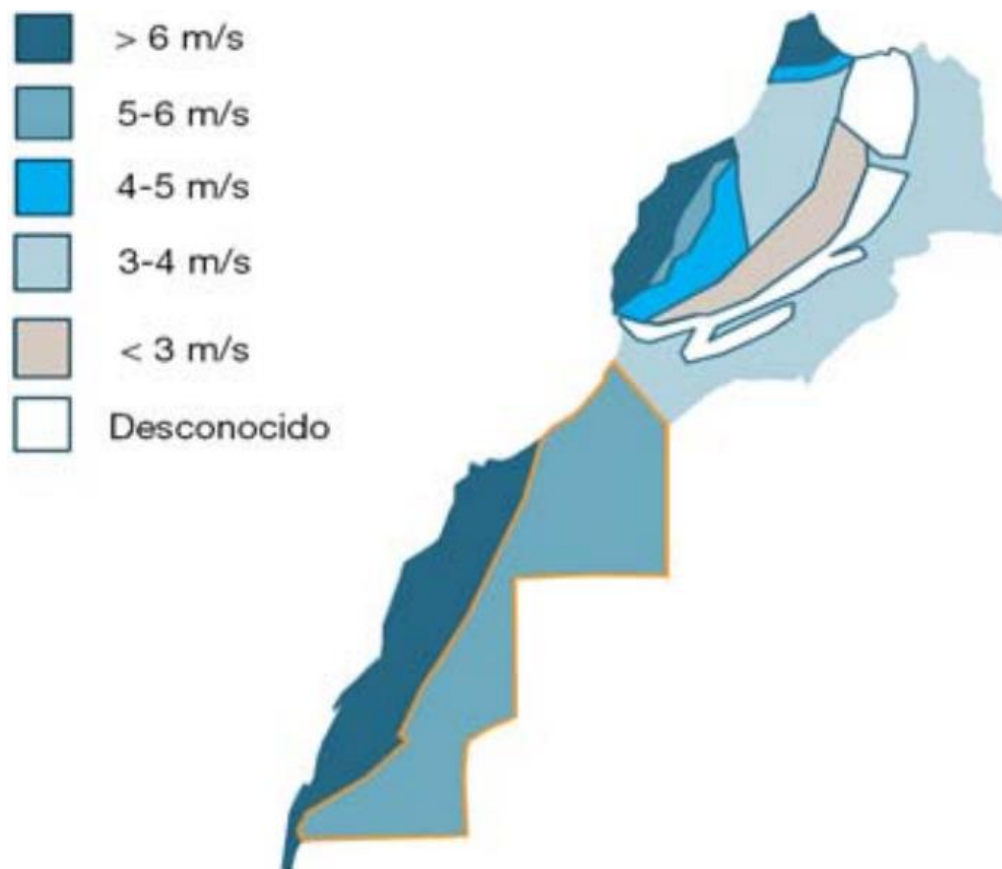


Figura 38. Mapa eólico de Marruecos.

Se observa que las velocidades del viento más altas se encuentran por las costas.

4. Demanda y generación de energía eólica.

La demanda de energía eléctrica en Marruecos ha venido creciendo a un ritmo de en torno al 5,45% anual desde el año 2003, hasta situarse en 31.055,6 GWh en el 2012, según cifras de la ONEE (l'Office National de l'Electricité). La ampliación de la cobertura gracias al PERG y el crecimiento económico debido en gran parte al dinamismo de la demanda interna explican la progresión de la demanda de energía. Además, las previsiones indican una tendencia de crecimiento similar para los próximos años, hasta llegar a una demanda neta de energía de 95 TWh en 2030.

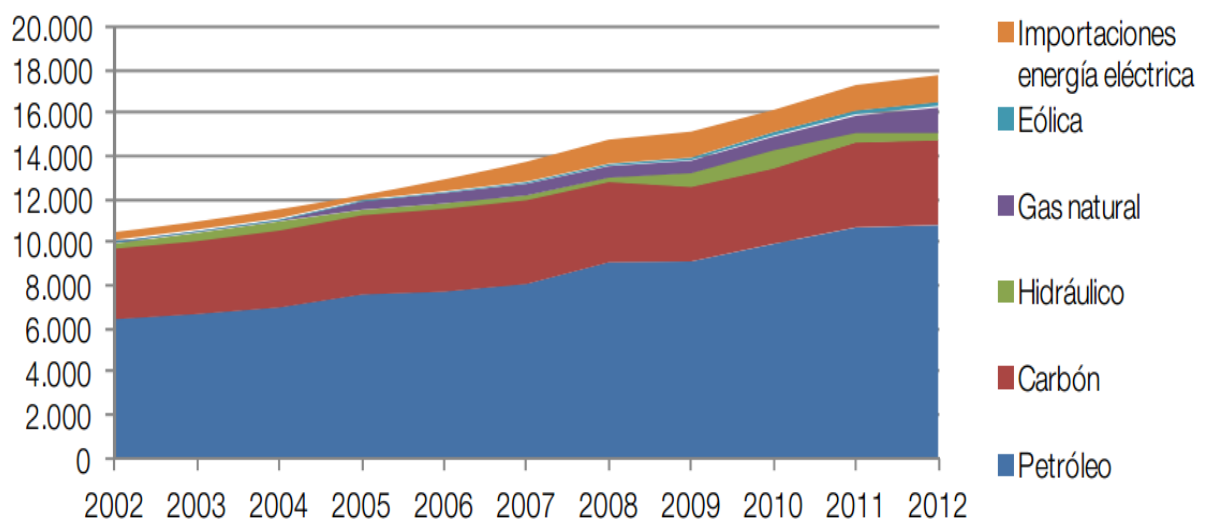


Figura 40. Consumo energético en Marruecos (KTep).

Tabla 4. Consumo energético en Marruecos (KTep).

	2008	2009	2010	2011	2012
Consumo total	14.764	15.139	16.146	17.310	17.765
Petróleo	9.068	9.106	9.918	10.681	10.791
Carbón	3.740	3.475	3.498	3.929	3.916
Hidráulico	238	668	902	521	424
Gas natural	533	586	633	801	1.186
Eólica	77	102	171	180	189
Importaciones energía eléctrica	1.108	1.202	1.024	1.198	1.259
Crecim. Anual	7,50%	2,54%	6,65%	7,21%	2,63%
Dependencia energética (%)	97,5	94,6	93,0	95,6	96,1

Esta tendencia, que previsiblemente se mantendrá en los próximos años, indica que la demanda energética seguirá siendo mayor a la oferta debido a los siguientes factores:

- Presión demográfica y urbanización
- Aumento de las necesidades en el medio rural.
- Fuerte demanda del sector privado.

5. Sistemas híbridos fotovoltaicos-eólicos.

Un sistema híbrido obtiene energía eléctrica mediante combinaciones de diferentes fuentes como placas fotovoltaicas, generadores externos, aerogeneradores, turbinas hidráulicas, etc.

Cuando se quiere obtener energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, y en sistemas aislados, es aconsejable utilizar diferentes fuentes de energía. Las ventajas de este tipo de sistema son:

- Utilización de fuentes de energía renovables;
- Disponer de suministro eléctrico en una zona aislada;
- Ahorro en el consumo de combustible;
- Menor contaminación del entorno.

Un tipo de sistema híbrido se puede notar en la Figura 44. Los sistemas híbridos eólico-fotovoltaicos aprovechan la energía eólica y la energía solar para suministrar energía eléctrica. Estos sistemas se utilizan habitualmente para el suministro de energía eléctrica en zonas rurales aisladas. En estos casos, siempre es necesario disponer de un sistema de baterías de almacenamiento que permiten disponer de energía eléctrica cuando la producción de ésta es inferior al consumo, por ejemplo de noche y con poco viento. En función de las necesidades del consumo, puede resultar aconsejable disponer de un grupo electrógeno para asegurar que no se producen interrupciones en el suministro de energía eléctrica, incluso en caso de avería o mantenimiento de la instalación.

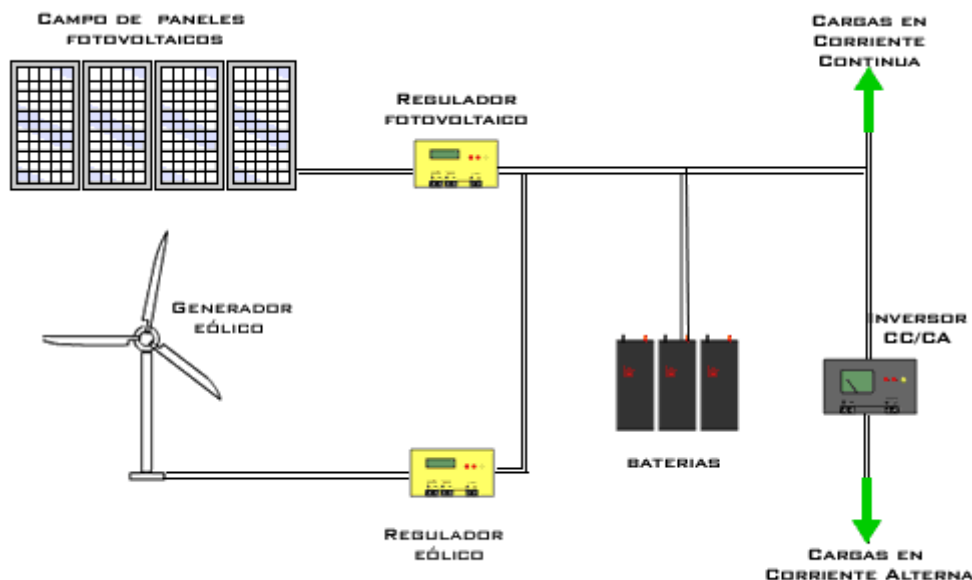


Figura 44. Componentes de un sistema híbrido.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

En la Tabla 5 se pueden observar los elementos que componen los diferentes tipos de sistemas híbridos que incorporan batería de almacenamiento.

Tabla 5. Configuración de tipos de sistemas híbridos con baterías de almacenamiento.

Tipo	Generador		Regulador		Batería	Inversor
	FV	Eólico	FV	Eólico		
1						
2						

Tipos 1 y 2:

- El tipo 1 proporciona energía eléctrica como fuente de tensión continua y el tipo 2 como fuente de tensión alterna.
- Los dos sistemas de generación renovable (fotovoltaico y eólico) necesitan la inclusión de reguladores de carga.
- El inversor se puede conectar directamente a la batería o a la salida del regulador.
- Otros posibles elementos en caso de suministro de corriente continua son:
 - Adaptadores de tensión para alimentar cargas, generalmente de poca potencia con tensiones diferentes a la de los sistemas de generación.
 - Convertidores cc-cc, para estabilizar la tensión en equipos sensibles o alimentar cargas con tensiones diferentes a la del sistema.

6. Vehículos eléctricos.

6.1 Definición y tipos de Vehículos Eléctricos.

Se pueden encontrar una variedad de categorías de vehículos eléctricos, según prestemos atención al grado de participación del motor eléctrico y posibilidades de carga (Ver figura 45).

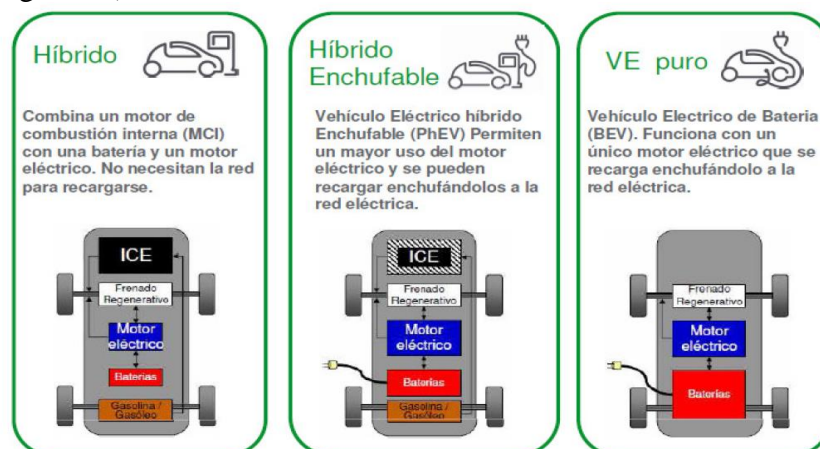


Figura 45. Esquema de los distintos tipos de vehículos eléctricos.

6.1.1 Vehículo eléctrico de Batería (VE).

Es un vehículo impulsado por un motor eléctrico que extrae corriente desde una batería recargable o desde otros dispositivos de acumulación de energía portátiles (recargables, utilizando energía desde una fuente exterior al vehículo como un servicio eléctrico público o residencial), que está fabricado principalmente para su utilización en vías públicas, carreteras o autopistas.

6.1.2 Vehículo Híbrido Eléctrico.

Estos vehículos usan solamente el combustible como fuente energética, no permite la carga de la batería mediante una fuente exterior de electricidad. A diferencia del VE puro, su batería no tiene como misión la de almacenar energía, sino que esta, en todo momento, interviniendo en ciclos de carga y descarga. La reducción de consumo de gasolina está entre el 25% y el 40%.

Se puede recargar la batería mediante el frenado Regenerativo y el motor de gasolina. El frenado regenerativo obtiene la energía cinética para cargar las baterías cuando el conductor presiona el freno. El Toyota Prius es un ejemplo de vehículos híbridos.

6.1.3 Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable.

Son los vehículos eléctricos que combinan un motor de combustión interna (MCI) con una batería y un motor eléctrico. El MCI y/o el motor eléctrico propulsan el vehículo en una configuración paralela o serie.

Co-habitan dos fuentes exteriores de energías, provenientes de los combustibles que permiten mover el motor térmico, y de la electricidad suministrada por la red que permite cargar la batería.

Las baterías se pueden cargar mediante:

- Motor de gasolina
- Freno regenerativo (utiliza la energía cinética almacenada)
- Conectado el vehículo a un punto de recarga.

6.2 Baterías.

El problema que tienen las baterías actuales, es la autonomía que es bastante limitada.

Batería eléctrica, se podría definir como el dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que, posteriormente, la devuelve con ciertas pérdidas. Las baterías están limitadas por un determinado número máximo de ciclos de carga que depende del tipo de batería.

Las características técnicas de los vehículos eléctricos, como autonomía, tiempo de recarga, precio, etc. van a depender del tipo de batería que posea el vehículo eléctrico.

6.2.1 Tipos de Baterías.

Las baterías que están usando actualmente los vehículos eléctricos, son principalmente pertenecen a los siguientes tipos:

• Baterías de Plomo – Acido

Tradicionalmente, la mayoría de los vehículos eléctricos han utilizado baterías de este tipo, debido a que poseen una tecnología madura, alta disponibilidad y bajo costo.

Ventajas:

- Poseen una tensión elevada, mayor de 2V
- Son capaces de suministrar una elevada intensidad de corriente, y por tanto potencia.
- Al ser una tecnología madura, es el tipo de batería más barata del mercado, siendo su precio entre 100-125€/kWh.
- Sus componentes son altamente reciclables. En España se reciclan más del 95% de todas las baterías utilizadas.

Inconvenientes:

- Poseen una baja energía específica. De los distintos tipos de baterías empleadas en los VE son las que tienen una menor energía específica, entre 10 - 40 Wh/Kg.
- El número de ciclos de carga y descarga de este tipo de baterías es bajo, entre 400 y 800.
- El impacto ambiental es bastante nocivo, debido a que poseen componentes como el antimonio y el arsénico.

• Baterías de Níquel - Hidruro metálico

Se pueden considerar como una evolución de las baterías alcalinas de Níquel -Cadmio. Este tipo se suele emplear sobre todo en los vehículos híbridos, como es el caso de Toyota Prius.

Ventajas:

- Poseen una densidad de energía elevada, entre 60 - 80 Wh/Kg, que superan a las de Plomo - Acido.
- Admiten carga rápida, con una duración de entre 1 - 3 horas.
- No requieren ningún tipo de mantenimiento adicional.

Inconvenientes:

- El número de ciclos de estas baterías es moderado, y está entre 300 - 600 ciclos.
- El coste es más elevado que en el caso del plomo.
- Su comportamiento no es óptimo en climas fríos.

• **Baterías de Ion Litio**

Es el tipo de baterías más conocido por su uso en instrumentos cotidianos como telefonía móvil, ordenadores portátiles...El Ion Litio predomina en el desarrollo de los vehículos eléctricos debido a que posee unas prestaciones bastante elevadas, de hecho, se espera que sea la tecnología más extendida del futuro.

Ventajas:

- Poseen un voltaje nominal más elevado de los tres tipos vistos, con valores entre 3 y 4 Voltios
- Cuentan con una energía específica muy elevada 80 - 170 Wh/Kg, casi el doble que las NiHM y más de cuatro veces las de plomo, aunque es bastante complicado encontrar en el mercado actual, baterías por encima de los 115Wh/Kg.
- Presentan un bajo "efecto memoria", por lo que tienen una muy buena capacidad de recarga.
- Su impacto medioambiental puede considerarse moderado.

Inconvenientes:

- Su coste es elevado, pudiendo llegar a los 800€/kWh.
- Pérdida de prestaciones a temperaturas elevadas.
- Se degradan cuando se producen sobrecargas o sobre descargas.
- Presentan problemas con descargas por debajo de 2 Voltios.

En función de la combinación de materiales que se utilicen, podemos encontrar una amplia gama de baterías de Ion Litio, ver Tabla6.

Tabla 6. Características básicas de las baterías de Ion-Litio con diferentes composiciones químicas

Sistema	Tensión descarga (V)	Rango de temperatura s (C)	Energía específica (Wh/kg)	Densidad energías (Wh/L)	Ciclos	Potencia
LiCoO ₂	3.6	-20/60	140-190	360-500	800-1200	L-M
Ni-Co-Al	3.5	-20/60	220-240	500-630	800-1200	L-M
Ni-Co-Mn	3.7	-20/60	100-150	230-400	500-700	M-H
LiMn ₂ O ₄ dopado con Mg	3.7	-20/60	130-150	300-320	500-700	H
Nanopartículas dopadas con LiFePO ₄	3.3	-20/70	100-140	250-380	>1000	VH
Nixelion	3.5	-20/60	160	480	≅1000	M-H

Baterías híbridas sony con Sn-Co-C como negativo LiCoxNiyMnzO₂+LiCoO₂ como positivo (L= low (bajo), M = moderate (moderado), H = high(alto), MH = moderately high(moderadamente alto), VH = very high(my alto)).



Figura 46. Ejemplo de una batería de VE formada por 6 células en serie.

6.2.2 Perspectivas de las Baterías.

En la actualidad los fabricantes de la automoción apuestan por las baterías de litio, como principal fuente para las aplicaciones de movilidad eléctrica, hace que se sitúen en el punto de mira como las sustitutas de los actuales acumuladores, como son los de Plomo-Acido.

Las prestaciones que nos ofrecen las baterías de Ion-Litio, frente a las demás vistas en aplicaciones sobre el vehículo eléctrico, son bastantes ventajosas, ya que como muestra la Tabla 7, son características que nos aportan mejoras en todos los aspectos, salvo en uno, el coste de dichas baterías.

Tabla 7. Comparación características de los tres tipos de baterías vistos anteriormente.

Batería	Pb-Acido	NiMH	Ion-Litio
Voltaje(V)	2.0	1.2	3.0 - 4.5
Energía(Wh/kg)	10 - 40	60 - 80	80 - 170
Energía(Wh/L)	50 - 100	250	170 -450
Número de ciclos(80%)	400 - 800	300 - 600	500 - 1200
Costes (€/kWh)	100 - 125	220 - 400	250 - 800
Impacto Ambiental	Alto	Bajo	Moderado - Bajo

6.3. Tipos de carga.

Con las distintas potencias, corrientes de circulación y tiempos de carga podemos hablar de carga lenta y carga rápida.

- **Carga lenta:** Entendemos por carga lenta la carga en la que la potencia demandada por el VE está comprendida entre 3.5 - 22 kW, y el tiempo de carga esté comprendido entre 8 - 6 horas.
- **Carga semi-rápida:** solo lo aceptan algunos vehículos, aunque se espera que sea una forma de carga común. El tiempo de carga oscila entre 3 - 4 horas.
- **Carga rápida:** Es aquella carga, en la que potencia demandada oscila entre los 43 – 150 kW, y el tiempo de carga varía en 10 - 30 min, dependiendo del tipo de cargador, y la potencia proporcionada por este.

Prestando atención a estas características y con la ayuda de empresas como Acciona, se puede desarrollar una tabla resumen de las principales características demandadas en cada modo de carga, ver Tabla 8.

Tabla 8. Resumen de las principales características según el modo de carga.

MODO	CORRIENTE (A)	POTENCIA (kW)	CARGA
Modo 1	Max. 16 A por fase	3.7 - 11	Lenta
Modo 2	Max. 32 A por fase	7.4 - 22	Lenta
Modo 3	Max. 64 A por fase	14.8 - 43	Semi-rápida
Modo 4	Hasta 400 A	Aprox. 50 - 150	Rápida

6.4. Modos de carga

Podemos observar que existen cuatro modos de carga distintos que son, ver Figura 47:

- **Carga en modo 1:** Conexión del VE a la red de c.a. utilizando tomas de corriente normalizadas, de hasta 16 A, en el lado de alimentación, monofásicos o trifásicos, y utilizando fase(s), neutro y conductores de toma de tierra de protección. La utilización de carga en modo 1 depende de la presencia de un dispositivo de corriente residual (DCR) en el lado de la alimentación. No se permite la carga en modo 1 allí donde la presencia de un DCR en el lado de la alimentación no lo puedan asegurar las normas nacionales.
- **Carga en modo 2:** Conexión del VE a la red de c.a. utilizando tomas de corrientes normalizadas, monofásicas o trifásicas, y utilizando fase(s), neutro y conductores de toma de tierra de protección junto con un conductor piloto de control entre el VE y la clavija o la caja de control.

- **Carga en modo 3:** Conexión directa del VE a la red de c.a. utilizando SAVE dedicados donde el conductor piloto de control se extiende al equipo permanentemente conectado a la red de c.a.
- **Carga en modo 4:** Conexión indirecta del VE a la red de c.a. utilizando un cargador externo donde el conductor piloto de control se extiende al equipo permanentemente conectado a la red de c.a.

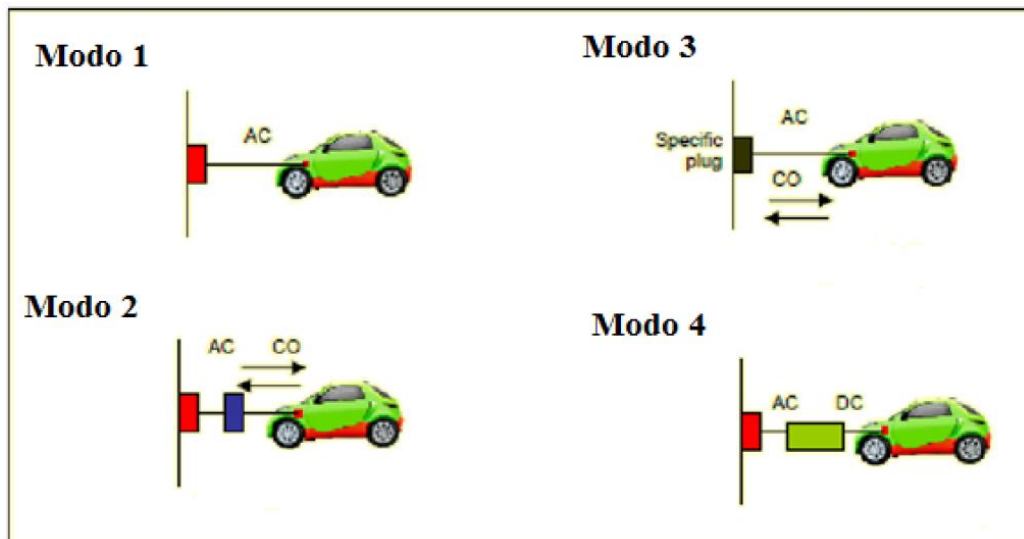


Figura 47. Distintos modos de carga según su forma de conexión de red.

7. Requisitos de diseño.

7.1. Ubicación.

La BOCANA es un pequeño pueblo marroquí de la provincia de Nador, Rif. En el año 2014 contaba con 425 habitantes. Su extensión superficial es de 6,5 km² y tiene una densidad de 65,38 hab/km²

Se encuentra situada a una altitud de 37 metros y a 14 kilómetros de la capital de provincia, Nador.

Las coordenadas de la ubicación escogida son: **35°15"N 2°55"O**

7.2. Edificaciones.

Nuestra vivienda cuenta con una superficie de 150 m², aproximadamente, será una vivienda con 5 dormitorios, pensada para una familia de 7 personas.

Dado el tamaño de la vivienda, la superficie en donde se van a colocar los paneles fotovoltaicos y los aerogeneradores no representa un problema importante.

El montaje debe hacerse de forma que sea posible la ventilación de los módulos. De esta manera la temperatura de las células solares se mantendrá baja y el rendimiento será alto. Por esta razón y por razones de mantenimiento (la persona que va a asegurar el mantenimiento de la instalación será mi padre, los módulos fotovoltaicos se van a colocar en el tejado).

Los módulos deberán estar suficientemente alejados de cualquier objeto que proyecte sombra sobre ellos, durante las horas de mejor radiación (usualmente entre las 9 de la mañana y las 5 de la tarde). Para el montaje de los aerogeneradores se tiene que tomar en cuenta que los obstáculos, como edificios, árboles o accidentes del terreno, provocan en general dos efectos desfavorables: una disminución de la velocidad del viento y un aumento de las turbulencias.

7.3. Potencia instalada.

En una vivienda aislada de la red eléctrica que se basa en un sistema híbrido para el suministro de electricidad resulta muy importante utilizar lo más eficiente posible de los aparatos de consumo.

La utilización de aparatos de alta eficiencia y bajo consumo supone una reducción en la demanda energética de la instalación y por tanto en el dimensionado y coste final del sistema híbrido. En iluminación se utilizan las lámparas LED's que tienen un gran rendimiento lumínico con bajo consumo eléctrico. Estos, a diferencia de los de incandescencia funcionan a temperaturas bajas. Por ello su rendimiento es mucho más elevado.

En general la electrificación convencional se lleva a cabo en corriente alterna pero en el mercado existe una amplia gama de aparatos eléctricos para corriente continua y el uso de estas supone que no hace falta la inclusión de un inversor en el sistema, simplificando así la instalación. En este caso todos los consumos funcionan en corriente alterna.

Para las cargas eléctricas no sólo importa la potencia nominal, se debe tomar en consideración también la potencia pico o potencia de conexión.

Para realizar el dimensionado de la instalación eléctrica se considera las siguientes tablas para el consumo de los aparatos de consumo y para el alumbrado:

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Tabla 6. Consumo de alumbrado.

Ubicación	Potencia nominal[W]	Nº	Clase de servicio[h]	Demanda de energía diaria[Wh]
Pasillos	8	5	0,4	16
Comedor	11	1	5	55
Cocina	11	1	3	33
Baño 1	11	1	1	11
Baño 2	8	1	1	8
Dormitorio 1	11	1	2	22
Dormitorio 2	11	1	2	22
Dormitorio 3	11	2	2	44
Dormitorio 4	11	2	2	44
Dormitorio 5	11	2	2	44
Patio	11	2	2	44
TOTAL	115			343

Tabla 7 .Consumo de las cargas eléctricas.

Receptor	potencia nominal[W]	Nº	Clase de servicio[h]	Demanda de energía diaria[Wh]
Frigorífico	105	1	24	1260
Lavadora	2000	1	1	650
Televisión	50	1	4	200
Plancha	1000	1	0,2	200
Microondas	1250	1	0,15	187
Coche eléctrico	2200	1	8	9700
TOTAL	5420			12197

TABLA 8 .La potencia total consumida diariamente.

Demanda	Demanda energía diaria de una vivienda [Wh]
Alumbrado	343
Consumos	12197
Total	12540

Las horas de funcionamiento mostradas en la tabla son generales. En la práctica hay cargas que se pueden considerar constantes a lo largo del año mientras que otros, como por ejemplo el alumbrado y el frigorífico, que varían en función de las horas de sol y de la climatología a lo largo del año.

8. Cálculos.

8.1. Potencia instalada en la vivienda.

Para buscar el aporte óptimo del sistema FV y del aerogenerador es necesario conocer en primer lugar las cargas eléctricas conectadas al sistema y, a ser posible, su clase de servicio.

8.1.1. Cargas de la vivienda.

El uso de la vivienda es anual, y en la Tabla 9 se muestra el consumo de energía eléctrica diaria. Como se puede apreciar dicho consumo presenta pocas variaciones a lo largo del año.

Tabla 9. Consumo total en un día.

Demanda	Demanda energía diaria de una vivienda [Wh]
Alumbrado	343
Consumos	2497
Total	2840

8.1.2. Cargas de la vivienda y el vehículo eléctrico.

El uso de la vivienda, el vehículo eléctrico es anual, y en la Tabla 10 se muestra el consumo de energía eléctrica diaria. Como se puede apreciar dicho consumo presenta pocas variaciones a lo largo del año.

Tabla 10. Consumo total en un día.

Demanda	Demanda energía diaria de una vivienda y vehículo eléctrico[Wh]
Alumbrado	343
Consumos	12197
Total	12540

Tabla 11, 12. Consumo mensual de la vivienda y el vehículo eléctrico.

MES	Demanda de energía mensual de la vivienda[kWh]
ENERO	88,04
FEBRERO	79,52
MARZO	88,04
ABRIL	85,20
MAYO	88,04
JUNIO	85,20
JULIO	88,04
AGOSTO	88,04
SEPTIEMBRE	85,20
OCTUBRE	88,04
NOVIEMBRE	85,20
DICIEMBRE	88,04

MES	Demanda de energía mensual de la vivienda y el vehículo eléctrico [kWh]
ENERO	388,74
FEBRERO	351,12
MARZO	388,74
ABRIL	376,20
MAYO	388,74
JUNIO	376,20
JULIO	388,74
AGOSTO	388,74
SEPTIEMBRE	376,20
OCTUBRE	388,74
NOVIEMBRE	376,20
DICIEMBRE	388,74

8.2. Sistema eólico.

8.2.1. Velocidad del viento a 20 m de altura en la ubicación escogida.

Para buscar un aerogenerador que corresponda a la demanda de energía eléctrica del pueblo y de las características de la zona de ubicación se tuvo en cuenta el perfil de las velocidades del viento. Las velocidades del viento mensuales, entre los años 2003 y 2008, han sido extraídas de la base de datos del aeropuerto de NADOR para una altura de 20 m (Tabla 13).

Tabla 13. Velocidades del viento medias (2003-2008) para la altura de 20 m.

MES	V _{max} [m/s]	V _{media} [m/s]	V _{min} [m/s]
ENERO	18,2	5,86	1,92
FEBRERO	24,6	10,01	2,2
MARZO	22,01	7,67	2,13
ABRIL	21,73	8,08	1,82
MAYO	24,42	7,2	1,77
JUNIO	19,62	5,15	1,84
JULIO	20,02	8,12	1,8
AGOSTO	17,12	6,4	1,79
SEPTIEMBRE	19,09	6,35	1,86
OCTUBRE	17,19	6,35	2,39
NOVIEMBRE	16,64	6,95	1,96
DICIEMBRE	16,25	7,27	1,93

8.2.2. Estimación de la velocidad del viento para una altura de torre de 10 m.

El aerogenerador elegido es AIR X MARINE de la marca Southwest Windpower, de eje horizontal, para condiciones de velocidades del viento bajas con las siguientes características:

Tabla 14. Características AIR X MARINE.

Potencia nominal	400 [W]
Voltaje	24 [V] (c.c)
Tipo de generador	Alternador de imanes permanentes (Neodimio)
Velocidad de acoplamiento	3,0 [m/s]
Velocidad de frenado automático	14[m/s]
Velocidad nominal	12,5[m/s]
Velocidad de arranque	3 [m/s]
Velocidad de rotación nominal	1500 [rpm]
Altura del torre	10; 12 o 15 [m]
Numero de hélices	3

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

La altura de la torre ha sido seleccionada en función del perfil de las velocidades del viento y de las posibles alturas de torre del fabricante. De todas ellas se ha seleccionado la torre de mayor altura posible, que son 10 m. Las nuevas velocidades a esa altura se calculan con la siguiente formula:

$$V(h_1) = V(h_2) \cdot \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^\alpha \quad (8.1)$$

Donde:

- $V(h_1)$ es la velocidad del viento que se desea estimar, a la altura h_1 del suelo;
- $V(h_2)$ es la velocidad del viento conocida a una altura h_2 ;
- h_1 es la altura a la que se quiere estimar la velocidad del viento;
- h_2 es la altura de referencia;
- α es el valor que depende de la rugosidad existente en la ubicación, horas diarias, temporada, temperatura, el relieve de terreno.

Ejemplo de cálculo para enero:

Para velocidad media del viento:

$$h_2=20 \text{ m}$$

$$h_1=10 \text{ m}$$

$$V(h_2)=6,86 \text{ m/s (velocidad media del viento)}$$

$$\alpha= 0,14$$

$$V(h_1) = 6,86 \cdot \left(\frac{10}{20}\right)^{0,14} = 6,22 \text{ m/s}$$

Para velocidad mínima del viento:

$$h_2=20 \text{ m}$$

$$h_1=10 \text{ m}$$

$$V(h_2)=1,92 \text{ m/s (velocidad mínima del viento)}$$

$$\alpha= 0,14$$

$$V(h_1) = 1,92 \cdot \left(\frac{10}{20}\right)^{0,14} = 1,74 \text{ m/s}$$

Para velocidad máxima del viento:

$$h_2=20 \text{ m}$$

$$h_1=10 \text{ m}$$

$$V(h_2)=18,20 \text{ m/s (velocidad máxima del viento)}$$

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

$$\alpha = 0,14$$

$$V(h_1) = 18,20 \cdot \left(\frac{10}{20}\right)^{0,14} = 16,51 \text{ m/s}$$

Los valores mensuales de la velocidad del viento calculados, en la ubicación escogida y para una altura de torre de 10 m se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Velocidades del viento medias (2003-2008) para la altura de 10 m.

MES	V _{max} [m/s]	V _{media} [m/s]	V _{min} [m/s]
ENERO	16,51	6,22	1,74
FEBRERO	22,32	9,99	1,99
MARZO	19,97	7,86	1,93
ABRIL	19,72	8,24	1,65
MAYO	22,16	7,44	1,60
JUNIO	17,80	5,58	1,66
JULIO	18,16	8,27	1,63
AGOSTO	15,53	6,71	1,62
SEPTIEMBRE	17,32	6,67	1,68
OCTUBRE	15,60	6,67	2,16
NOVIEMBRE	15,10	7,21	1,77
DICIEMBRE	14,74	7,50	1,75

8.2.3. Estimación de la energía eléctrica anual producida.

La energía eléctrica entregada por el aerogenerador para esta altura se calcula con los documentos técnicos de éste y se utiliza la distribución de Weibull.

Para estos cálculos se utiliza:

- la velocidad media por mes o año (el viento no sigue la distribución Weibull para períodos de tiempo cortos)
- el factor de forma que tiene diferentes valores para lugares cerca del mar o continentales, como en este caso ($k=2$)
- la altura del lugar donde se coloca el aerogenerador.
- la altura de la torre del aerogenerador.
- el factor de turbulencia que tiene valores entre 0,00 y 0,05 en la mayoría de los casos.
- el factor de seguridad que incluye situaciones en las que la energía no se utiliza batería completa (0.05 para viviendas aisladas).

Ejemplo de cálculo para enero:

Como se puede observar en la Tabla 16, se utilizan intervalos de velocidad del viento y para cada uno de éstos se calcula la potencia entregada por el aerogenerador, la probabilidad de que esta velocidad se alcance en un día y la potencia entregada con esta probabilidad.

$$F(v) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (k > 0, v > 0, c > 1)$$

Donde:

- c es el parámetro de escala
- k es el parámetro forma de distribución

Los dos parámetros indican las características promediadas del viento en el emplazamiento.

El factor de distribución de forma de energía eólica, k , se define como la relación entre la energía obtenida en un año y la energía que se obtendría en ese año si la velocidad del viento se mantuviera constante e igual a la velocidad media (que no es realmente disponible).

Como la energía eólica esta proporcional al cubo de la velocidad del viento, se puede escribir:

$$k = \frac{v^3}{\bar{v}^3}$$

Donde:

- v^3 Es la velocidad instantánea del viento [m/s]
- \bar{v}^3 Es la velocidad media del viento [m/s]

Como ejemplo, se toma de nuevo el mes de enero, donde los datos necesarios para el cálculo son:

- $V_{media} = 6,22$ m/s
- Parámetro forma de la distribución = 2
- Altura de la zona = 37 m
- Exponente del viento = 0,011 para terrenos lisos
- Altura del torre = 10 m
- Factor de turbulencia = 0,02 (habitual)
- Factor de seguridad = 0,05 (viviendas aisladas)

Curva de potencia del aerogenerador AIR X MARINE

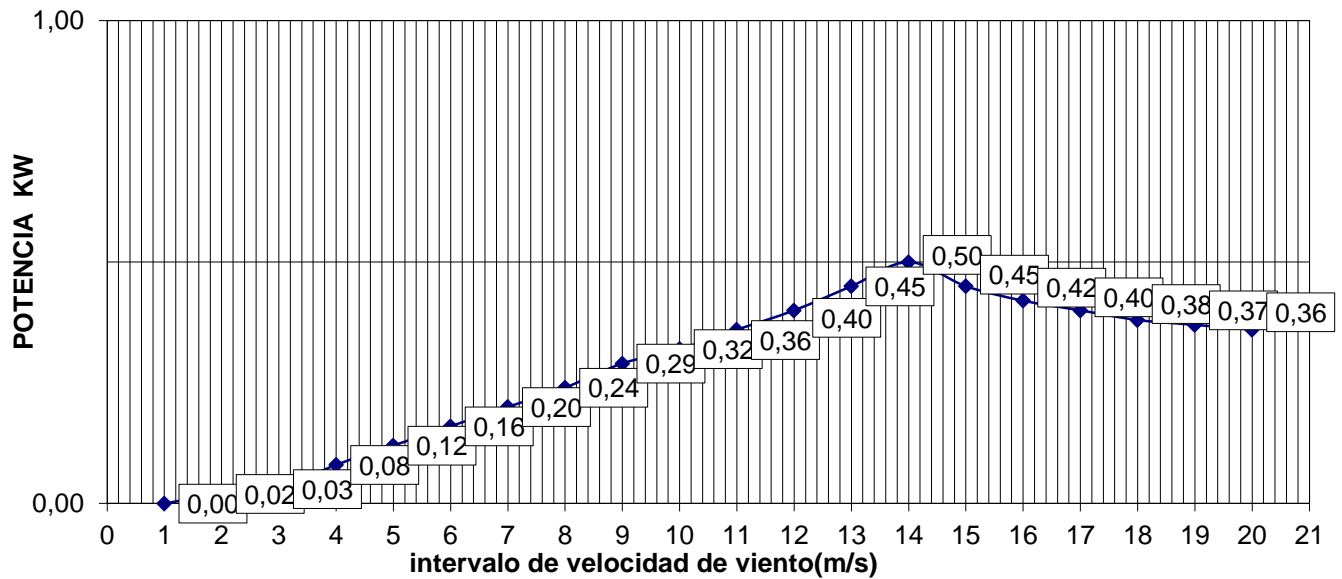


Figura 48.curva de potencia del aerogenerador AIR X MARINE.

Tabla 16. Cálculo Weibull para enero.

Intervalo de velocidad [m/s]	Potencia aerogenerador[KW]	Probabilidad del viento(f)	Potencia media entregada [KW]
1	0,00	3,31%	0,000
2	0,02	6,29%	0,002
3	0,14	8,68%	0,003
4	0,39	10,29%	0,009
5	0,80	11,05%	0,015
6	1,47	11,02%	0,019
7	2,26	10,33%	0,021
8	3,21	9,17%	0,021
9	4,13	7,75%	0,020
10	4,81	6,25%	0,017
11	5,42	4,83%	0,014
12	6,03	3,58%	0,010
13	6,29	2,55%	0,008
14	6,48	1,74%	0,005
15	6,00	1,14%	0,003
16	5,81	0,72%	0,001
17	5,67	0,44%	0,001
18	5,60	0,26%	0,000
19	5,50	0,15%	0,000
20	5,13	0,08%	0,000
Total		99,64%	0,169

Representando la probabilidad del viento, **Figura 49**, se observa que para una velocidad media de 6,22 m/s, el comportamiento real puede quedar estimado mediante esta distribución.

Curva de la probabilidad para la velocidad media

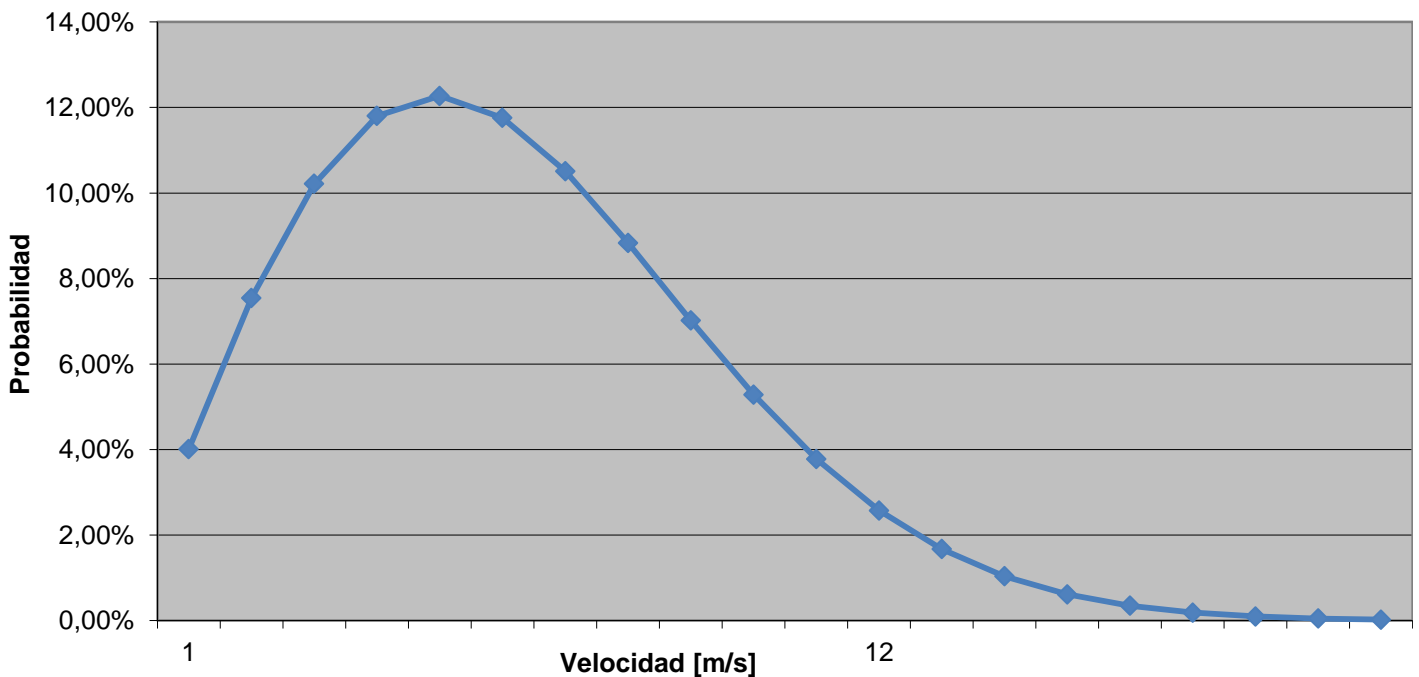


Figura 49. Curva de la probabilidad para la velocidad media

Para la potencia media diaria entregada se usa el factor de seguridad. Por tanto la energía eléctrica diaria entregada se calcula con la siguiente formula:

$$E_{dia} = \frac{P_{media} \cdot 24 \cdot (1 - F_{seg})}{1000} \quad (8.2)$$

Donde:

- P_{media} es la potencia media entregada [W]
- F_{seg} es el factor de seguridad.

$$E_{dia} = \frac{169,24 \cdot (1 - 0,05)}{1000} = 3,86 \text{ [kWh]}$$

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Se calcula dicha energía para una velocidad del viento media, mínima y máxima para aproximar mejor el aporte eólico en el sistema híbrido. Pueden pasar situaciones en cuales la velocidad del viento es muy baja y si el sistema esta dimensionado para una producción eléctrica en condiciones de medio viento entonces los consumidores quedaran desconectados y el grupo auxiliar tendrá que ponerse en marcha. Estos datos están presentados en la Tabla 17,18 y 19.

Tabla 17. Energía eléctrica suministrada por el AIR X MARINE para las velocidades mínimas y la altura de la torre de 10 m.

MES	V _{min} [m/s]	E _{mes} [kWh]	E _{dia} [kWh]
ENERO	1,92	13,42	0,44
FEBRERO	2,2	16,60	0,59
MARZO	2,13	16,96	0,54
ABRIL	1,82	11,62	0,39
MAYO	1,77	10,60	0,34
JUNIO	1,84	11,62	0,39
JULIO	1,8	11,30	0,36
AGOSTO	1,79	10,85	0,35
SEPTIEMBRE	1,86	11,63	0,39
OCTUBRE	2,39	21,91	0,71
NOVIEMBRE	1,96	13,68	0,46
DICIEMBRE	1,93	13,42	0,43

Tabla 18. Energía eléctrica suministrada por el AIR X MARINE para las velocidades medias y la altura de la torre de 10 m.

MES	V _{media} [m/s]	E _{mes} [kWh]	E _{dia} [kWh]
ENERO	6,22	119,45	3,86
FEBRERO	9,99	167,26	5,98
MARZO	7,86	156,90	5,07
ABRIL	8,24	158,68	5,29
MAYO	7,44	148,43	4,79
JUNIO	5,58	99,18	3,30
JULIO	8,27	164,70	5,31
AGOSTO	6,71	132,17	4,26
SEPTIEMBRE	6,67	126,54	4,21
OCTUBRE	6,67	130,75	4,21
NOVIEMBRE	7,21	138,85	4,62
DIECIEMBRE	7,50	149,84	4,83

Tabla 19. Energía eléctrica suministrada por el AIR X MARINE para las velocidades máximas y la altura de la torre de 10 m.

MES	V _{max} [m/s]	E _{mes} [kWh]	E _{dia} [kWh]
ENERO	18,2	148,42	4,79
FEBRERO	24,6	92,56	3,30
MARZO	22,01	118,74	3,38
ABRIL	21,73	116,96	3,90
MAYO	24,42	103,19	3,32
JUNIO	19,62	132,70	4,42
JULIO	20,02	133,58	4,30
AGOSTO	17,12	157,61	5,08
SEPTIEMBRE	19,09	136,8	4,56
OCTUBRE	17,19	156,90	5,06
NOVIEMBRE	16,64	156,63	5,22
DICIEMBRE	16,25	164,68	5,31

8.2.4. Potencia total de los aerogeneradores a instalar.

La velocidad media mínima en invierno es de 6,22 m/s ya que haremos el dimensionado de los aerogeneradores para el mes de enero porque la radiación solar en invierno es baja cuando está nublado.

$$N^{\circ} \text{ de aero} = \frac{\text{potencia total consumida diariamente}}{\text{potencia total generada por el aerogenerador a 6,22 m/s}} \quad ;(8.3)$$

- **Para la vivienda.**

$$N^{\circ} \text{ de aero} = \frac{\text{potencia total consumida diariamente}}{\text{potencia total generada por el aerogenerador a 6,22 m/s}} = \frac{2,84 \text{ KWh}}{3,86 \text{ KWh}} = 0,74$$

Solo utilizando la instalación eólica, se necesita 1 aerogenerador para alimentar la vivienda.

Con esta potencia de 400 W será suficiente para alimentar la vivienda solo con la energía eólica siempre y cuando que haya una media de viento de 6,22 m/s, también hay que recordar que tenemos una autonomía de 4 días en acumuladores.

- **Para la vivienda y el vehículo eléctrico.**

$$N^{\circ} \text{ de aero} = \frac{\text{potencia total consumida diariamente}}{\text{potencia total generada por el aerogenerador a 6,22 m/s}} = \frac{12,54 \text{ KWh}}{3,86 \text{ KWh}} = 3,24$$

Solo utilizando la instalación eólica, se necesitan 3 aerogeneradores para alimentar la vivienda y la recarga del vehículo.

Con esta potencia de 1200 W será suficiente para alimentar la vivienda y el vehículo eléctrico solo con la energía eólica siempre y cuando que haya una media de viento de 6,22 m/s, también hay que recordar que tenemos una autonomía de 2,5 días en acumuladores.

8.3. Sistema fotovoltaico.

8.3.1. Potencia nominal y ángulo de inclinación.

Para un dimensionado correcto del sistema FV se necesitan datos sobre el aporte de irradiación. Con la ayuda del programa Photovoltaic Geographical Information System se determina el ángulo óptimo medio anual. Ver Tabla 20.

Tabla 20 .inclinación de los módulos FV al ángulo óptimo

MES	A.óptimo [°]
ENERO	61
FEBRERO	53
MARZO	41
ABRIL	24
MAYO	12
JUNIO	4
JULIO	7
AGOSTO	19
SEPTIEMBRE	35
OCTUBRE	48
NOVIEMBRE	58
DICIEMBRE	63
MEDIA AÑO	33

I_{opt} : la inclinación óptima (grados).

Tabla 21.Irradiación sobre una superficie horizontal.

MES	Irrad.global (KWh/m ² .mes)	Temperatura(°C)
ENERO	83,7	14,5
FEBRERO	95,2	15,0
MARZO	139,5	16,5
ABRIL	180,0	17,8
MAYO	189,4	20,4
JUNIO	204,0	23,8
JULIO	207,7	26,4
AGOSTO	179,7	26,7
SEPTIEMBRE	141	24,8
OCTUBRE	114,7	21,9
NOVIEMBRE	81,0	18
DICIEMBRE	74,4	15,5
MEDIA AÑO	140,85	20,10

8.3.2. Pre-dimensionado del sistema fotovoltaico para la casa del pueblo de la BOCANA con PVSYST V5.55.

Para evaluar el sistema fotovoltaico de nuestra conexión aislada utilizaremos un programa diseñado para la simulación y diseño de este tipo de trabajos. Este análisis se realizará con el programa PVSYST V5.55, el cual es un programa desarrollado por el Centro de estudios de problemas energéticos de Génova.



Figura 50 .Programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

Ahora introducimos en el programa PVSYST V5.55 los datos de la ubicación de nuestro proyecto (radiación solar, temperatura, ángulo óptimo y la potencia consumida diariamente por la vivienda y el vehículo eléctrico) .ver figuras 51, 52, 53 y 54.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

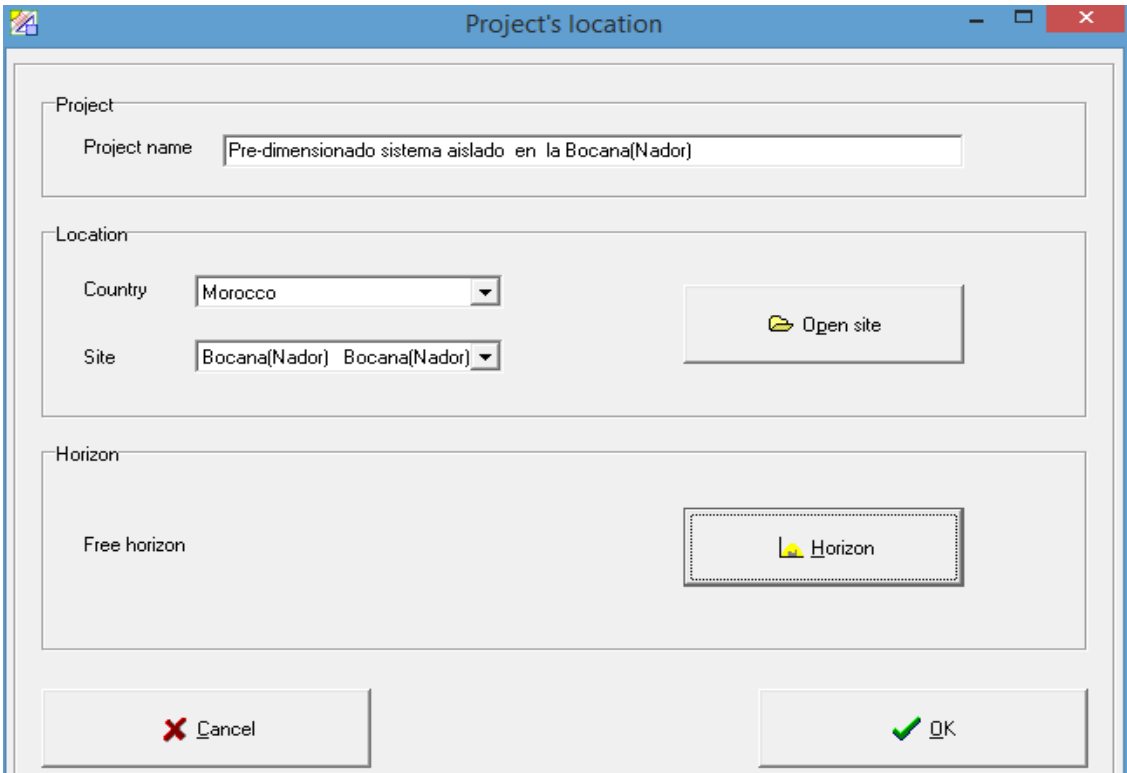


Figura 51. Ubicación, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

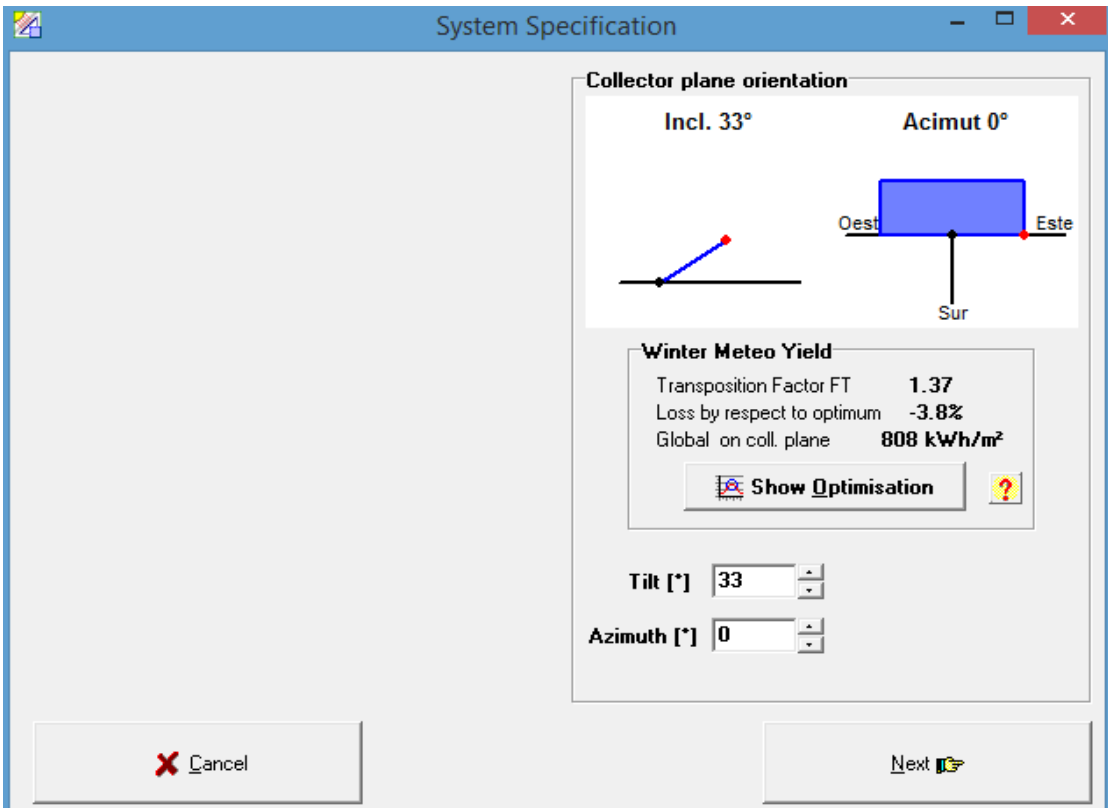


Figura 52 .Angulo óptimo, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

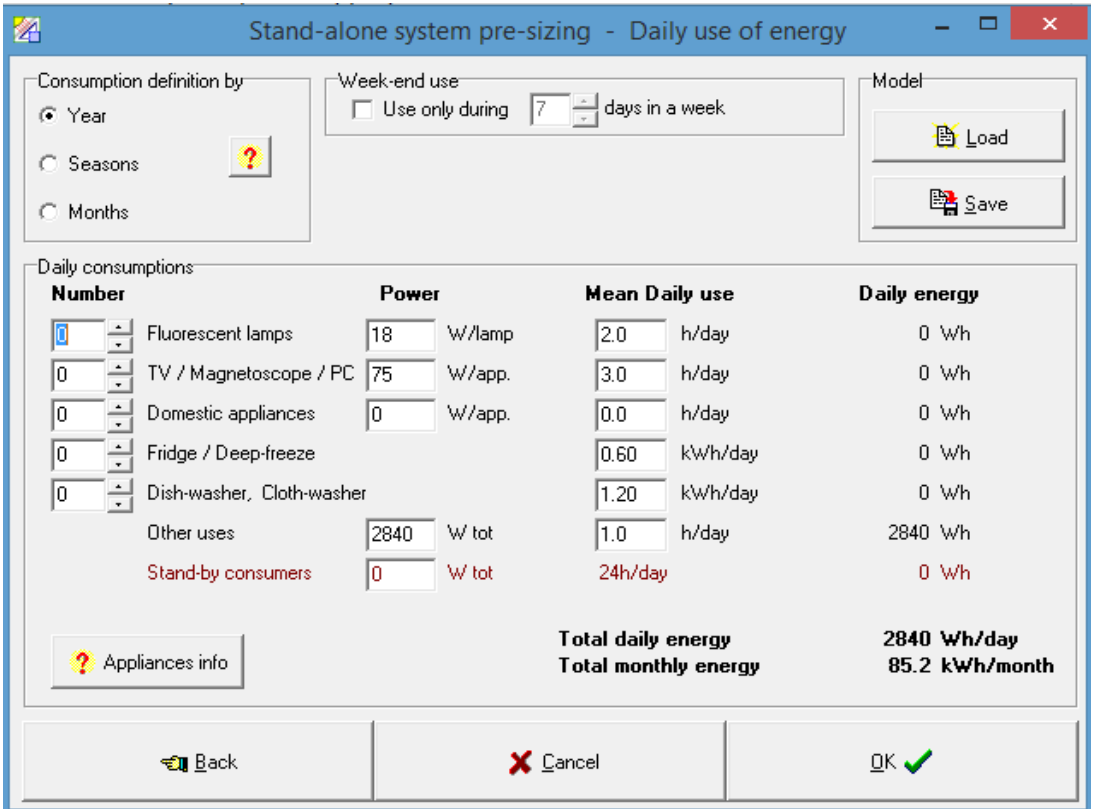


Figura 53.Potencia consumida diariamente por la vivienda, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

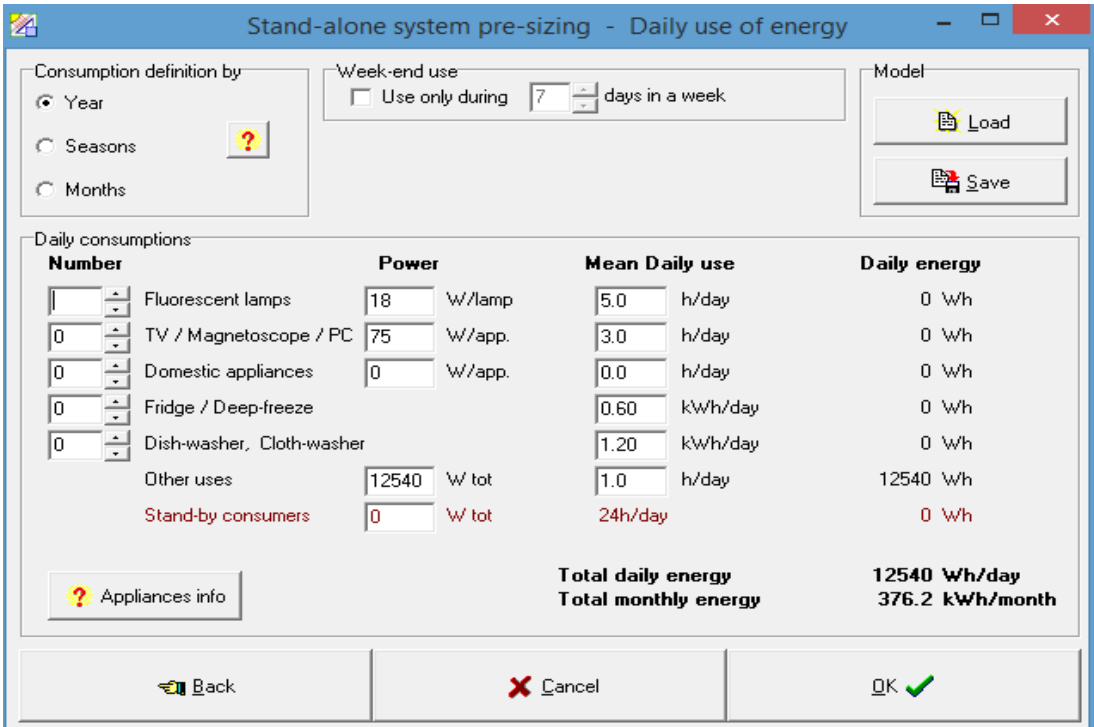


Figura 54.Potencia consumida diariamente por la vivienda y el vehículo eléctrico, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

8.3.2.1. Resultados del pre-dimensionado.



Figura 55. Resultados del pre-dimensionado de la vivienda, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

Como estamos viendo en la **figura 55** que la potencia necesaria en los paneles fotovoltaicos es de **740 W** y teniendo una autonomía de **11,5 días**, necesitamos una capacidad de baterías de **1507Ah**.

La tensión de los paneles es de **24 V**.

La energía solar disponible es de **3,0 kWh/día**.

Las necesidades del usuario son de **2,8 kWh/día**.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

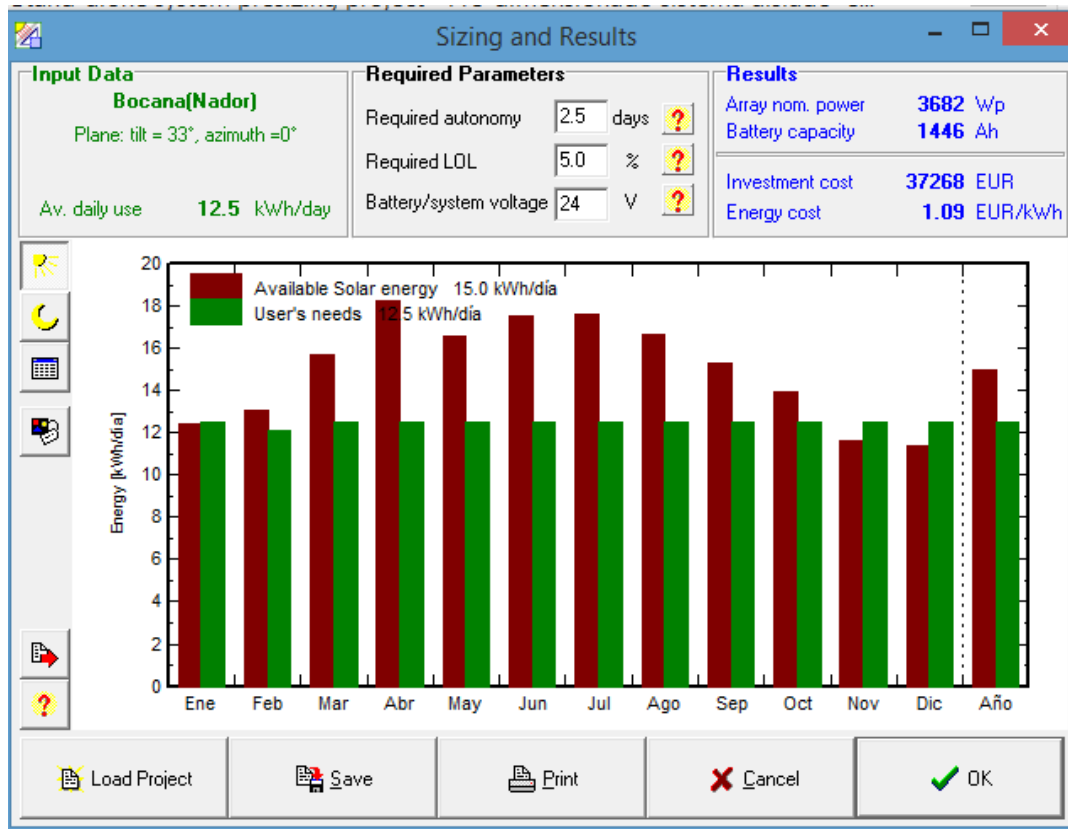


Figura 56. Resultados del pre-dimensionado de la vivienda y el vehículo eléctrico, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

Como estamos viendo en la **figura 56** que la potencia necesaria en los paneles fotovoltaicos es de **3682 W** y teniendo una autonomía de **2,5 días**, necesitamos una capacidad de baterías de **1446 Ah**.

La tensión de los paneles es de **24 V**.

La energía solar disponible es de **15,0 kWh/día**.

Las necesidades del usuario son de **12,5 kWh/día**.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

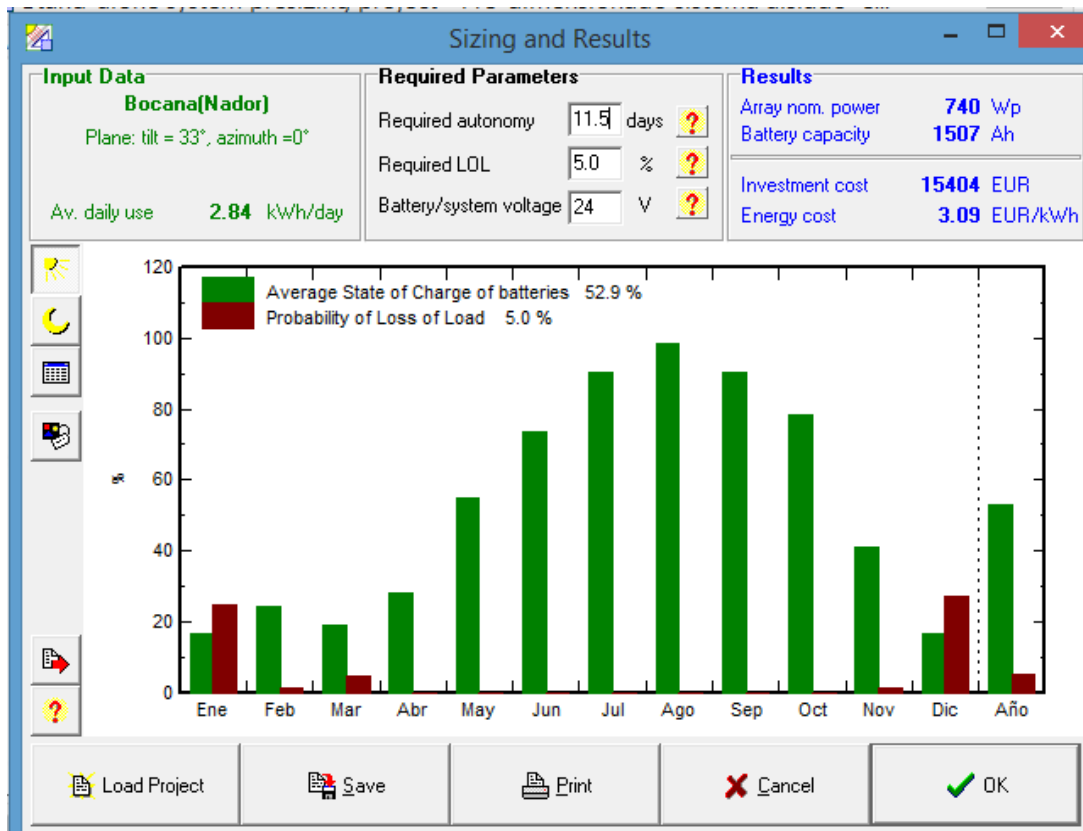


Figura 57. Resultados del pre-dimensionado de la vivienda, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

El gráfico de la **figura 57** nos muestra el estado mensual de carga de baterías, también el promedio que se sitúa en un 52,9% y también la probabilidad de pérdidas de carga.

También el estado de carga de los tres meses (diciembre, enero, febrero) está por debajo del 30%, ya que tendremos la energía eólica (velocidad de viento alto) para aumentar el porcentaje de la carga.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

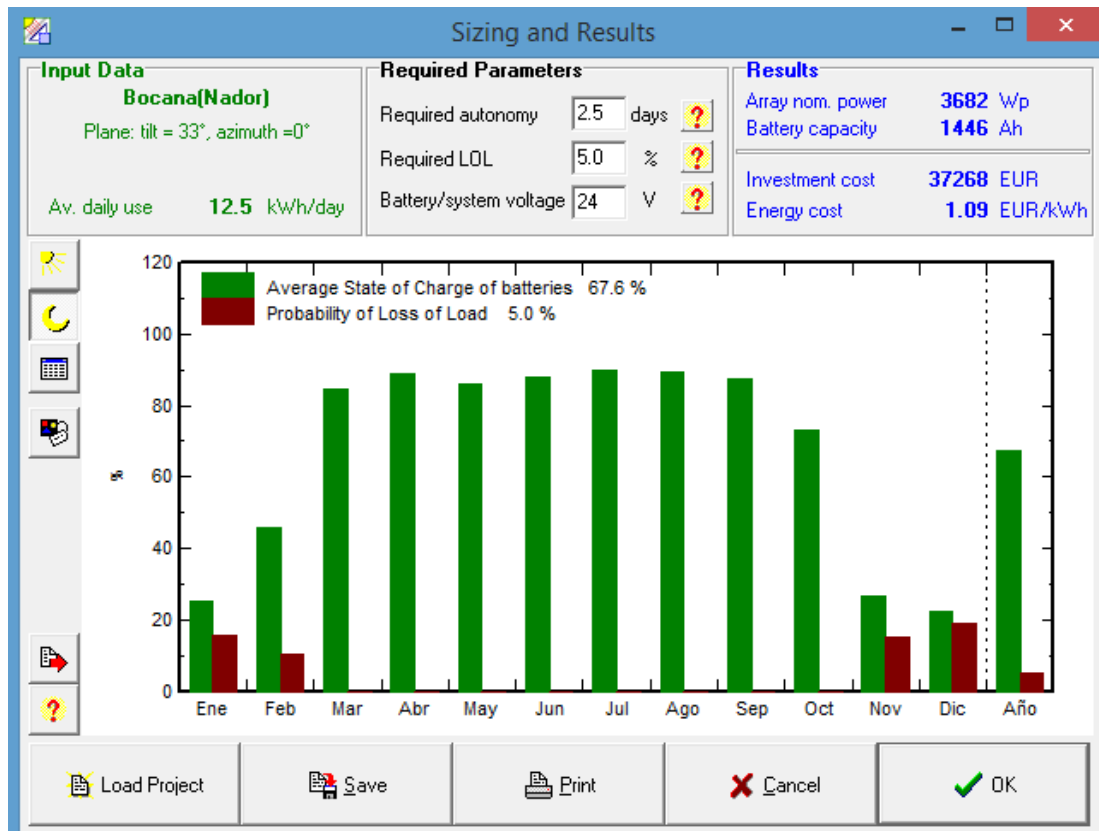


Figura 58. Resultados del pre-dimensionado de la vivienda y el vehículo eléctrico, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

El gráfico de la **figura 58** nos muestra el estado mensual de carga de baterías, también el promedio que se sitúa en un 67,6% y también la probabilidad de pérdidas de carga.

También el estado de carga de los tres meses (diciembre, enero, febrero) está por debajo del 25%, ya que tendremos la energía eólica (velocidad de viento alto) para aumentar el porcentaje de la carga.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

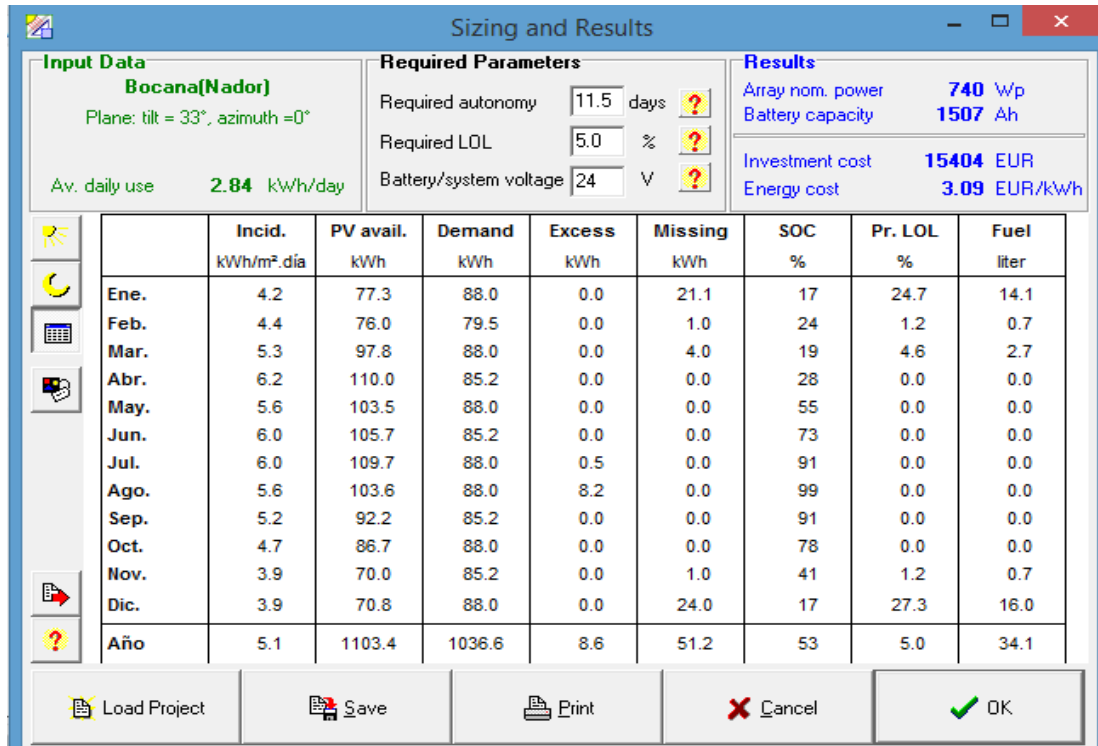


Figura 59. Resultados del pre-dimensionado de la vivienda, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

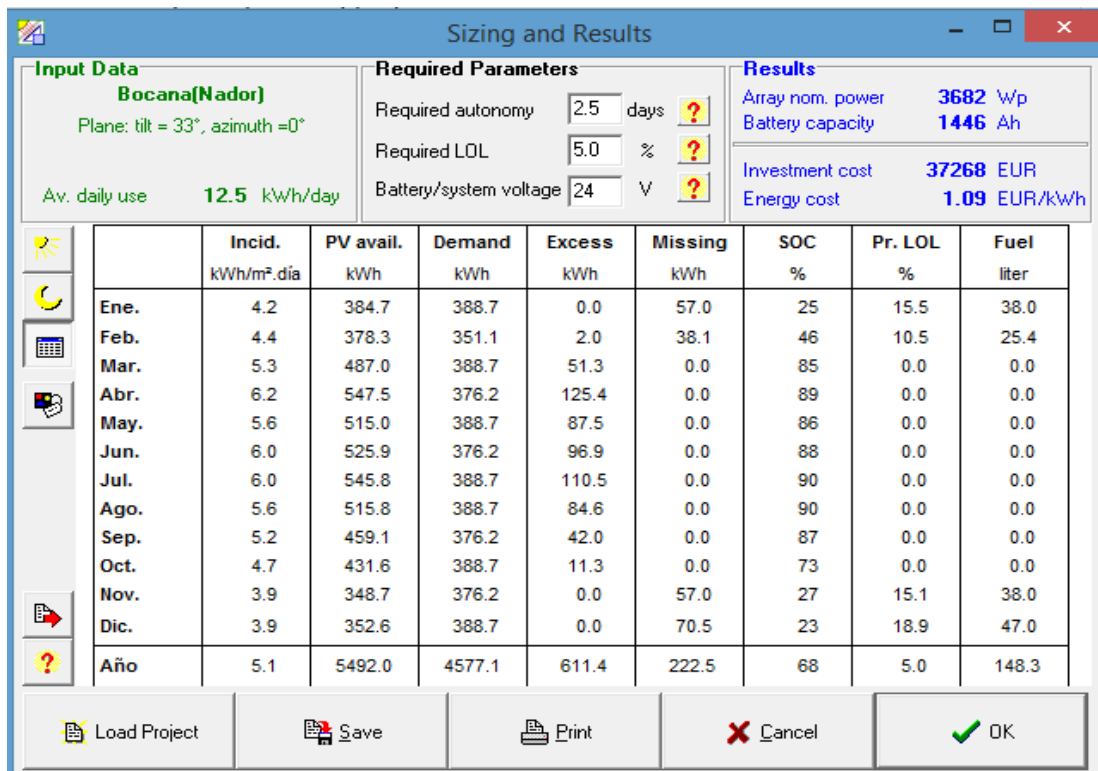


Figura 60. Resultados del pre-dimensionado de la vivienda y el vehículo eléctrico, programa PVSYST V5.55 para sistemas aislados.

A partir de este momento solo nos centraremos en el dimensionamiento de la vivienda incluyendo la carga del vehículo eléctrico, porque es lo que nos interesa en esta memoria.

8.3.3. Simulación del sistema fotovoltaico con PVSYST V5.55.

La simulación se realiza fundamentalmente para conocer el comportamiento de la instalación a diseñar, evitando sobredimensionar o subdimensionar el sistema, proyectando sistemas que se aproximan a la realidad.

El método de simulación utilizado en el programa se basa en la realización de balances energéticos horarios a lo largo de un año, realizándose un seguimiento del comportamiento del sistema con el fin de calcular la combinación apropiada para obtener un sistema con la máxima cantidad de energía, en función de la cantidad de módulos fotovoltaicos empleados.

El programa cuenta con una base de datos con diferentes parámetros y datos sobre la irradiación recogida en numerosos lugares del mundo a lo largo de un año, así como una amplia gama de módulos fotovoltaicos y de inversores distintos, organizados por fabricantes o bien por su potencia nominal, con el fin de realizar simulaciones sencillas de nuestra instalación con datos de fabricantes reales.

Además podemos introducir la distancia entre módulos solares, así como la inclinación de los paneles solares respecto a la horizontal, con lo que obtendremos datos muy reales en cuanto a las pérdidas sufridas en la instalación, tanto por sombreado como por inclinación. En nuestro caso, la inclinación de nuestros paneles solares será de 33° respecto a la horizontal, mientras que la distancia entre paneles será de aproximadamente 4.48 metros. Ambas magnitudes las veremos más detalladamente en el apartado de cálculos.

Se realizará una simulación de un grupo que componen el generador de 3,78 kW, con lo que se tendrá en cuenta estos resultados para analizar la energía generada de la instalación.

En el programa podemos utilizar numerosas combinaciones de acumuladores y módulos solares gracias a su gran base de datos. Es nuestra obligación elegir la mejor combinación de las posibles que se ajusten a los requerimientos de nuestra instalación. Por lo tanto para nuestra instalación se decide elegir 14 módulos solares, del modelo Blue 270/270 W del fabricante Solon SE, estructurado de la siguiente forma: 1 módulos en serie y 14 en paralelo.

El acumulador elegido será el modelo del fabricante Fulmen oPzs 1550. Necesitaremos 12 acumuladores de 2V y 1525 ah, estructurado de la siguiente forma: 12 acumuladores en serie.(total 12 vasos de 2V).

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Definiciones del proyecto y de la versión de simulación

Designación del proyecto

El proyecto incluye principalmente la definición geográfica del LUGAR y el archivo CLIMA asociado por hora

Nombre proyecto: Proyecto Aislado at Bocana(Nador) Fecha: 25/03/2015

Cliente: Teléfono:

Dirección: Fax:

Ciudad: Email:

País:

Anular Nuevo proyecto Cargar proyecto ar y Estación Meteorológica

Variante del sistema

Una versión del sistema incluye todos los parámetros requeridos para una

N° Variante: Nueva variante de simulación Nueva versión

Retorno (Cálculo)

Figura 61.Configuración de la instalación (Imagen PVSYST).

Orientación, Variante "Nueva variante de simulación"

Tipo de campo: Plano Inclinado Fijo

Parámetros del campo

Inclinación plano: 33° Acimut: 0.0°

Optimización con respecto a:

- Productiv. irrad. anual
- Verano (Abr-Sep)
- ☒ Invierno (Oct-Mar)

Productividad clima hivernal

Factor de transposición FT: 1.37

Pérdida con respecto al óptimo: -3.8%

Global en el plano receptor: 808 kWh/m²

Mostrar Optimización

Anular OK

Figura 61.Configuración de la instalación (Imagen PVSYST).

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

En la figura 60 nos muestra la definición geográfica del lugar y el clima asociado por hora, en cambio la figura 61 nos configura el ángulo de inclinación del plano.

Presizing help

Av. daily needs : Enter accepted LOL 5.0 % ?
12.5 kWh/day Enter requested autonomy 2.0 day(s) ?

Battery (user) voltage 24 V ?
Suggested capacity 1157 Ah
Suggested PV power 3.2 kWp (nom.)

Select battery set

Sort Batteries by: ☒ voltage ☐ capacity ☐ manufacturer

2V 1550 Ah TXE 1550 / OPzS1500 Fulmen-CEAC [Open]

12 Batteries in serie [Diagram: 12 batteries in series] Number of batteries 12 Battery pack voltage 24 V
1 Batteries in parallel [Diagram: 1 battery in parallel] Global capacity 1550 Ah
Stored energy 37.2 kWh

Select module(s)

Sort modules by: ☒ power ☐ technology ☐ manufacturer [Todos los módulos]

270 Wp 30V Si-poly Blue 270/17(270) Solon SE Manufacturer 20 [Open]

1 Modules in serie [Diagram: 1 module in series] Array voltage at 50°C 32.5 V
12 Modules in parallel [Diagram: 12 modules in parallel] Array current 89.6 A
12 Modules Array nom. power (STC) 3.2 kWp

[User's needs] [Cancel] [OK] [Next]

Figura 62.Configuración de la instalación (Imagen PVSYST).

En la **figura 62** procedente del PVSYST podemos observar las características principales de nuestra instalación, en ella vemos que para un grupo de 3,8 kW necesitaremos 14 módulos solares distribuidas de la siguiente manera: 14 módulos en paralelo. Además vemos las principales condiciones de funcionamiento del sistema en cuanto a tensión y corriente, así como la potencia nominal del mismo.

También hemos utilizado 12 acumuladores distribuidas de la siguiente manera: 12 baterías en serie. Además vemos las principales condiciones de funcionamiento del sistema en cuanto a tensión y corriente, así como la potencia nominal del mismo.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

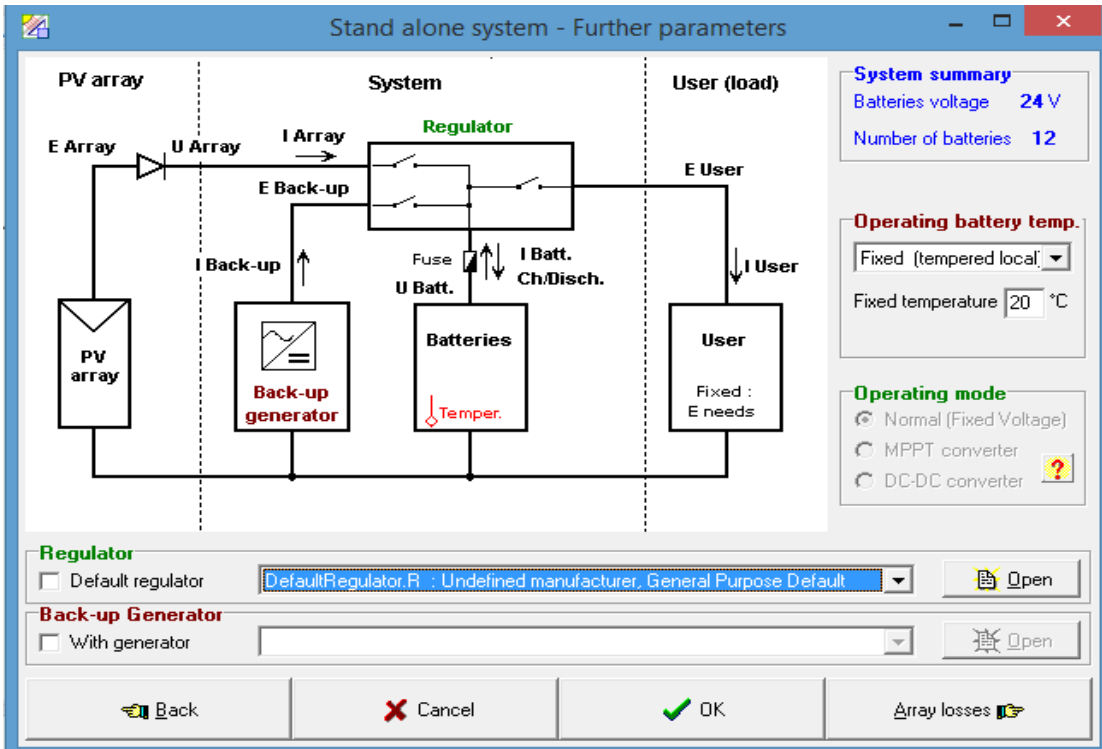


Figura 63. Configuración de la instalación (Imagen PVSYS).

Una vez establecidas todas las condiciones del sistema se procederá a la simulación del mismo.

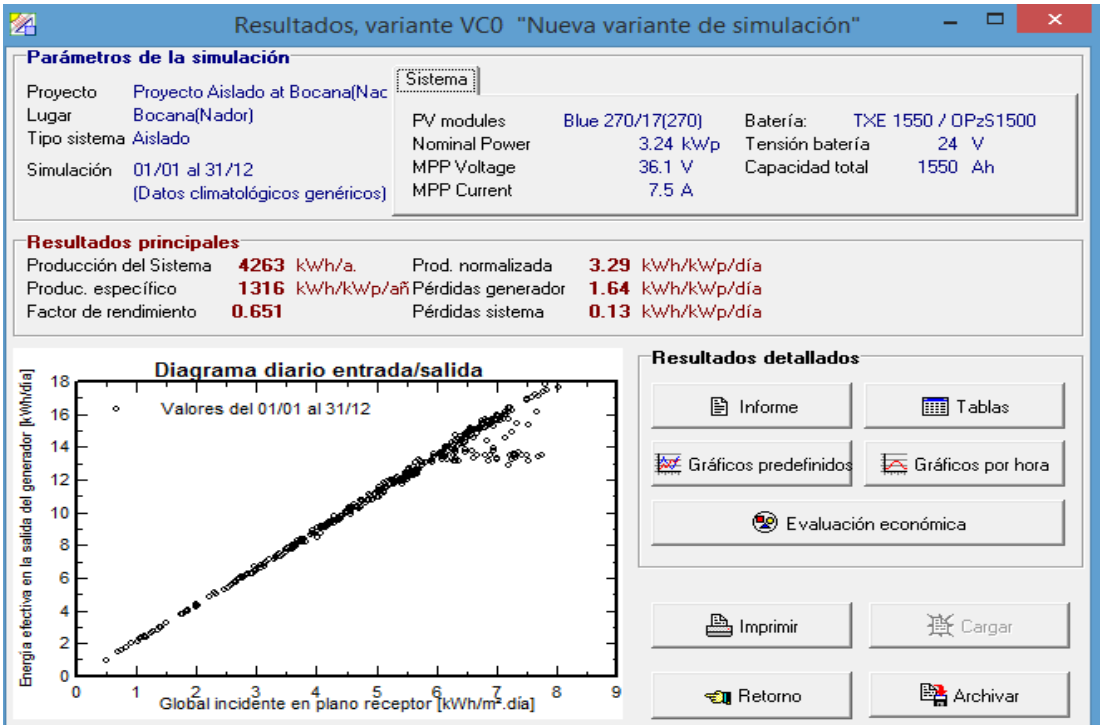


Figura 64. Resultados principales de la simulación (Imagen PVSYS).

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

- Producción Anual del sistema: 4263 kW·h/año.
- Producción específico : 1316 kW·h/kWp/año.
- Proporción del rendimiento: 0,651.
- Producción normalizada: 3,29 kW·h/kWp/día
- Pérdidas del Generador Fotovoltaico: 1,64 kW·h/kWp/día
- Pérdidas del sistema: 0,13 kW·h/kWp/día

En los resultados observamos que la producción media anual de unos de los generadores es del 65,1%, esto es debido a que el sistema no es ideal y se producen pérdidas en el rendimiento del mismo. Estas pérdidas son producidas por el generador fotovoltaico y el resto de los elementos de la instalación.

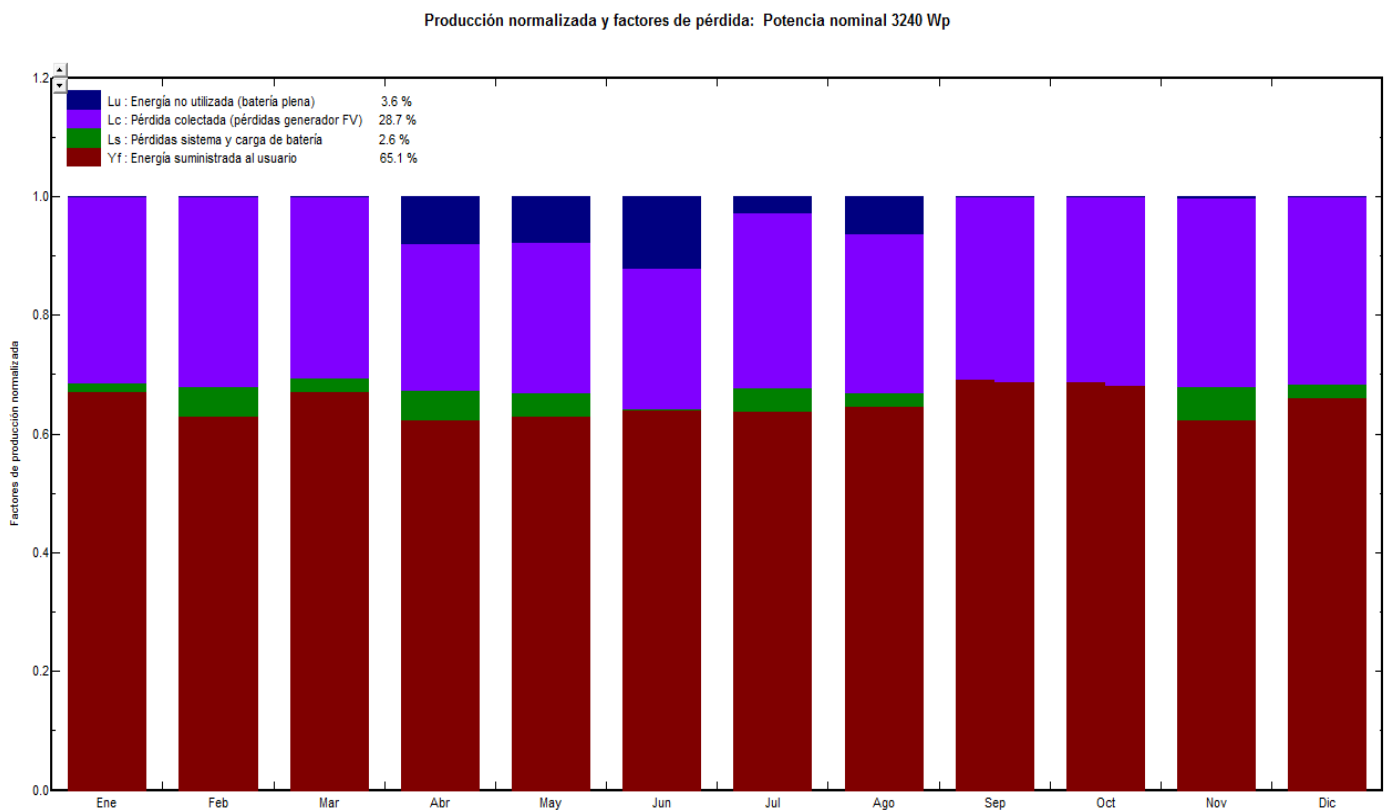


Figura 65. Distribución de la producción y de las pérdidas generadas (Imagen PVSYST).

Podemos ver en la gráfica anterior como las pérdidas producidas en el generador fotovoltaico son del 28,7%, mientras que para el resto de los elementos de la instalación son del 3,6%.

A continuación mostramos el informe elaborado por el programa PVSYST para la configuración propuesta.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

PVSYST V5.55				26/03/15	Página 1/4
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación					
Proyecto :		Proyecto Aislado at Bocana(Nador)			
Lugar geográfico		Bocana(Nador)		Pais	Morocco
Ubicación	Latitud	35.2°N	Longitud	2.5°E	
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+0	Altitud	37 m	
	Albedo	0.20			
Datos climatológicos : Bocana(Nador), Síntesis datos por hora					
Variante de simulación Nueva variante de simulación					
	Fecha de simulación	25/03/15 23h31			
Parámetros de la simulación					
Orientación Plano Receptor		Inclinación	33°	Acimut	0°
Características generador FV					
Módulo FV	Si-poly	Modelo	Blue 270/17(270)		
		Fabricante	Solon SE		
Número de módulos FV	En serie	1 módulos	En paralelo	12 cadenas	
N° total de módulos FV	N° módulos	12	Pnom unitaria	270 Wp	
Potencia global generador	Nominal (STC)	3240 Wp	En cond. funciona.	2913 Wp (50°C)	
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	33 V	I mpp	90 A	
Superficie total	Superficie módulos	23.5 m²			
Factores de pérdida Generador FV					
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s	
=> Temp. Opera. Nom. Cél. (G=800 W/m², Tamb=20° C, Viento=1m/s)			TONC	56 °C	
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	6.0 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC	
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	1.5 %	
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	4.0 % (tensión fija)	
Efecto de Incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	Parámetro bo	0.05	
Parámetro del Sistema		Tipo de sistema	Sistema Aislado		
Batería		Modelo	TXE 1550 / OPz\$1500		
		Fabricante	Fulmen-CEAC		
Características del banco de baterías		Tensión	Capacidad Nominal	1550 Ah	
	N° de unidades	12 en serie			
	Temperatura	Fijo (20°C)			
Regulador		Modelo	General Purpose Default		
	Tecnología	Undefined	Coef. temp.	-5.0 mV/°C/elem.	
Umbral de Regulación Baterías		Carga	Descarga	23.5/25.2 V	
	Comando de Generador Auxiliar	23.6/25.8 V			
Necesidades de los usuarios :		Cons. domésticos diarios	Constante durante el año		
	media	12.5 kWh/Día			

Traducción sin garantía, sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 66. Informe del PVSYST donde se muestra la configuración de nuestro generador

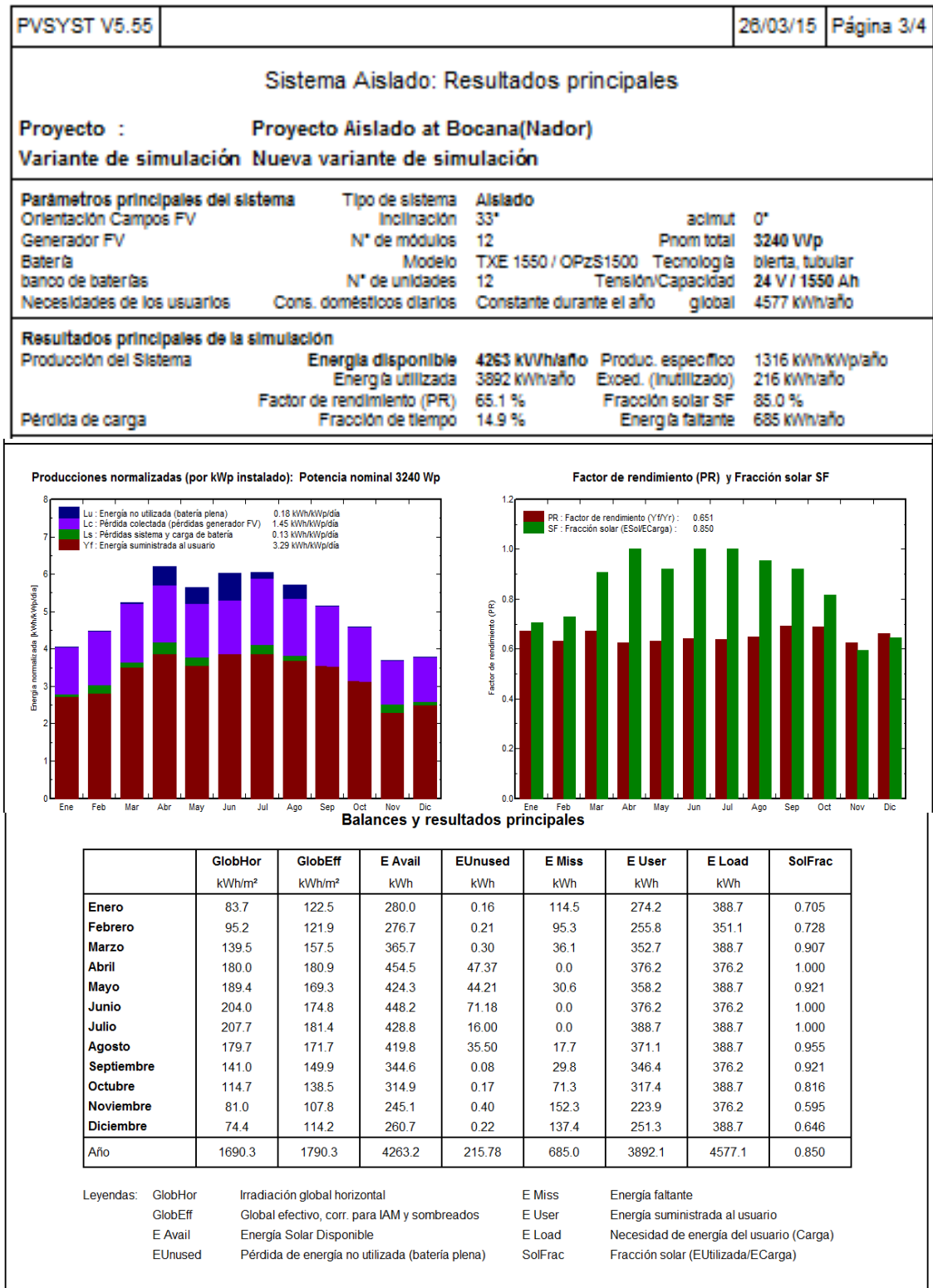
Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

PVSYST V5.55		26/03/15	Página 2/4
Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario			
Proyecto : Proyecto Aislado at Bocana(Nador)			
Variante de simulación Nueva variante de simulación			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	Inclinación	33°	acimut 0°
Generador FV	N° de módulos	12	Pnom total 3240 Wp
Batería	Modelo	TXE 1550 / OPzS1500	Tecnología blerta, tubular
banco de baterías	N° de unidades	12	Tensión/Capacidad 24 V / 1550 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global 4577 kWh/año
Cons. domésticos diarios, Constante durante el año, media = 12.5 kWh/día			
Valores anuales			
	Número	Potencia	Utilización
Otras utilizaciones	1	12540 W total	1 h/día
Energía total diaria			12540 Wh/día

Traducción sin garantía, sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 67. Informe del PVSYST donde podemos ver el consumo diario medio.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.



Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 68. Informe del PVSYST donde podemos ver la producción de energía anual y su rendimiento.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Donde:

GlobHor	Irradiación global horizontal.
GlobEff	Irradiación global “efectiva” (corregida con IAM y sombreado).
E Avall	Energía solar disponible.
E Unused	Perdida de energía no utilizada(batería plena).
E Miss	Energía faltante.
E User	Energía suministrada al usuario.
E load	Necesidad de energía del usuario(carga).
solFrac	Fricción solar(Eutilizada/Ecarga).

En la anterior tabla podemos ver que la energía total generada en un año por un único generador fotovoltaico es 3892,1kW·h

Este valor final es el que inyecta al consumo de la casa, es decir, son los que da el sistema fotovoltaico.

Con esta potencia de 3240 W será suficiente para alimentar la vivienda y la carga del vehículo solo con la energía solar.

8.3.4. Estimación de pérdidas y ratio de producción.

El programa PVSYST calcula las pérdidas que se producen en la instalación fotovoltaica de 3240W.

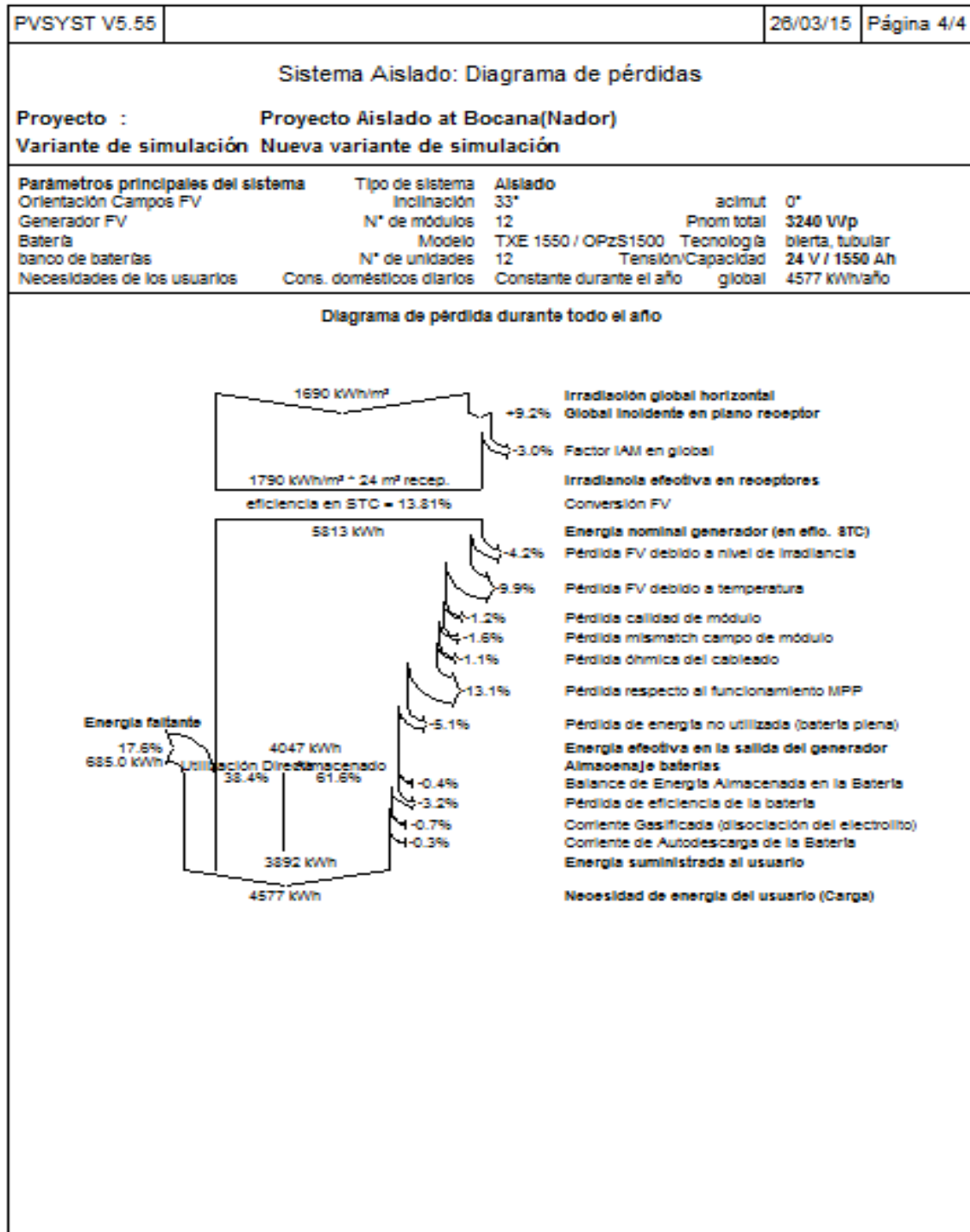


Figura 69. Informe del PVSYST donde observamos las pérdidas en las que incurre el sistema.

Existen numerosos factores que hacen que la producción eléctrica real sea menor de la esperada en la situación ideal. Algunos de ellos son.

8.3.4.1. Orientación de los módulos fotovoltaicos.

Al tratarse de un sistema de paneles fijos, la cantidad de radiación solar que los paneles son capaces de captar es menor que si estuvieran perpendiculares a los rayos solares en todo momento. La orientación e inclinación de los módulos ha de optimizarse en función de las necesidades.

Sin embargo, grandes desviaciones en orientación (hasta 20°) e inclinación (hasta 10°) no suponen grandes pérdidas (menores del 5%).

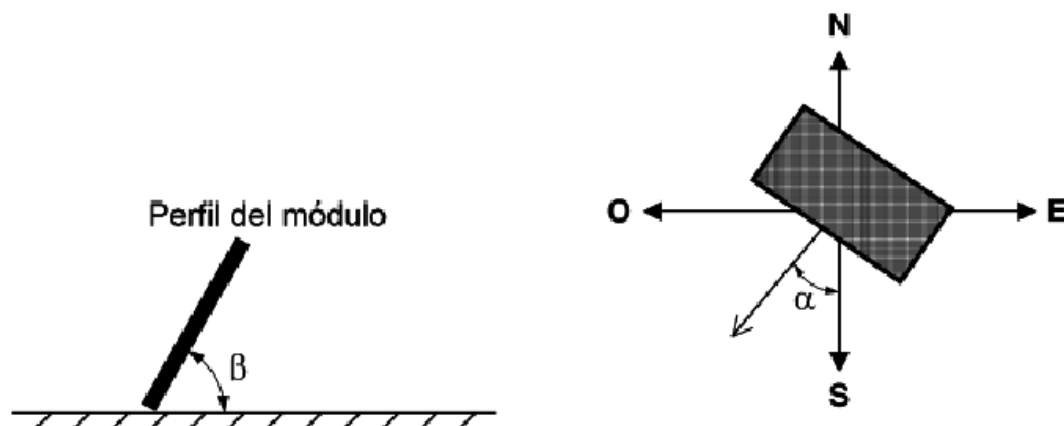


Figura 70. Orientación de los módulos fotovoltaicos.

Las pérdidas por este concepto se calculan según la siguiente expresión

$$P = 100 \cdot (1.2 \cdot 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \alpha^2) \quad (8.4)$$

Donde:

P	Pérdidas por inclinación (%)
β	Inclinación del módulo fotovoltaico
Φ	Latitud del lugar
α	Ángulo azimut

8.3.4.2. Pérdidas por sombreado.

Existen diversos métodos para el cálculo de las pérdidas por sombreado, según el pliego de condiciones técnicas del IDEA, se recomienda calcularlas a partir de un perfil de obstáculos que afecten a la superficie del generador fotovoltaico. El hecho de que se produzcan sombras debido a árboles o edificios cercanos sí podría originar grandes pérdidas de rendimiento, aunque en este proyecto las hemos desestimado.

8.3.4.3. Ratio de producción.

El ratio de producción es un factor de rendimiento que considera las pérdidas energéticas asociadas a la conversión CC/CA y al hecho de que el rendimiento de las células solares es inferior al que indica el valor de su potencia nominal, debido a que la temperatura de operación suele ser notablemente superior a 25 °C.

La eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo depende de:

- Dependencia de eficiencia con la temperatura
- Eficiencia del cableado
- Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia
- Eficiencia energética del inversor
- Otros

9.3.4.3.1. Pérdidas por temperatura.

El exceso de temperatura afecta negativamente a la potencia generada. Dicho efecto se suele traducir en pérdidas del 4% por cada 10 °C de incremento respecto de la temperatura en condiciones estándar, 25 °C. Cabe resaltar que un módulo fotovoltaico puede alcanzar los 70 °C en función de la irradiancia y la temperatura ambiente. Para calcular la temperatura de operación de las células utilizaremos la temperatura ambiente máxima media de cada mes y la radiación media mensual al mediodía.

9.3.4.3.2. Pérdidas en el cableado.

Se producen básicamente por efecto Joule y dependen de las secciones y longitudes de cable empleados.

Normalmente las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos son muy pequeñas y no es necesario considerarlas. Las caídas en el cableado pueden ser muy importantes cuando son muy largos y se opera a baja tensión en corriente continua. En nuestro caso, de acuerdo con las especificaciones, el valor máximo para la parte de corriente continua es del 1.5%, mientras que para la parte de corriente alterna es del 2%, con lo que tomaremos unas pérdidas totales en el cableado del 2% de la potencia total instalada.

9.3.4.3.3. Pérdidas por suciedad de los paneles.

Si se acumula una cantidad excesiva de suciedad debido a una falta de mantenimiento o a una frecuencia de lluvias insuficiente, se puede dejar de producir entre un 4 y un 15% de la energía. Estas pérdidas dependen de la inclinación de los paneles y de la cercanía de la instalación a obras, carreteras etc. Una causa muy común de pérdidas ocurre cuando los módulos fotovoltaicos que tienen marco disponen de células solares muy cercanas al marco situado en la parte inferior del marco donde se acumula la suciedad.

Otras veces es la propia estructura soporte de los módulos la que sobresale de los mismos y actúa como retenes de polvo.

9.3.4.3.4. Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.

La máxima potencia que el generador puede entregar es más baja que la suma de las máximas potencias de salida de los módulos constituyentes. Esta diferencia es llamada dispersión de parámetros y constituyen las pérdidas por dispersión. Los cálculos se describen o se basan en la presunción de que todas las células y módulos de un generador fotovoltaico son iguales, y trabajan en las mismas condiciones de operación, pero en realidad no es del todo cierto. Las células y los módulos nunca son iguales debido a la natural dispersión de parámetros, propia de cualquier proceso de fabricación.

9.3.4.3.5. Rendimiento del inversor y consumo nocturno (en espera).

La transformación de energía no es perfecta, por lo que se producen pérdidas. Los inversores usados presentan rendimientos mayores del 96% y consumos nocturnos nulos. El valor del rendimiento del inversor varía según el fabricante y el tipo de inversor y será un dato proporcionado por el propio fabricante.

9.3.4.3.6 .Autoconsumos.

Los reguladores de carga (inversores) presentan un determinado autoconsumo de entre 5y 25 mA. Esto se suele incluir en las pérdidas relativas al rendimiento del inversor.

8.3.5. Panel fotovoltaico seleccionado.

El panel escogido en la instalación fotovoltaica es el modelo A 270 GSM del fabricante ATERSA , de estructura policristalina. Sus características son:

Tabla 22 .Características del A 270 GSM.

Potencia máxima	270 [Wp]
max.sistema de tensión	1000 [V]
Tensión de pico potencia V_{MPP}	32,31[V]
Voltaje circuito abierto V_{oc}	39,12[V]
Corriente a su máxima potencia I_{MPP}	8,36[A]
Corriente de cortocircuito I_{sc}	8,88[A]
Eficiencia de modulo[%]	16,57
Número de células	60
Dimensiones	1683 x 994 x 40[mm]
Peso	18,7 [kg]

8.3.6. Número de módulos.

En nuestra instalación híbrida, contaremos con la potencia instalada de 2 aerogeneradores de 400 W cada uno, con una potencia generada total de los aerogeneradores es de 7720 Wh ya que podemos disminuir la potencia del sistema fotovoltaico.

La potencia nominal de los módulos FV que hay que instalar es de 2430 Wp. Para calcular el número total de paneles se considera la siguiente formula:

$$N_t = \frac{P_{psist}}{P_{pmodulo}} \quad (8.4)$$

Donde:

- N_t es el número total de módulos
- P_{psist} es la potencia pico del sistema FV [Wp]
- $P_{pmodulo}$ es la potencia pico del módulo FV [Wp]

$$N_t = \frac{P_{psist}}{P_{pmodulo}} = 2430 = 9 \text{ módulos}$$

El sistema FV está formado de la conexión de los módulos FV que pueden ser en serie o/y paralelo.

Número de módulos en serie

Utilizaremos una tensión baja de 32,31 V porque utilizaremos un regulador de tensión que puede soportar esta tensión de entrada y tendrá una tensión de salida de 28 V para cargar los acumuladores de 24 V.

Si se divide dicho valor entre el valor de tensión MPP del módulo se obtiene la cantidad de módulos en serie.

$$N_s = \frac{V_{tr}}{V_{MPP}} \quad (8.5)$$

Donde:

- N_s es el número de módulos en serie
- V_{tr} es la tensión de trabajo del sistema fotovoltaico [V]
- V_{MPP} es la tensión nominal del módulo FV [V]

$$N_s = \frac{V_{tr}}{V_{MPP}} = \frac{39,12}{32,31} = 1,21$$

El número de módulos FV conectadas en serie es 1.

Número de módulos en paralelo

La cantidad de módulos serie a conectar en paralelo se puede expresar con la fórmula:

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} \quad (8.6)$$

Donde:

- N_p es número de módulos en paralelo
- N_t es número total de módulos
- N_s es número de módulos en serie

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} = \frac{9}{1} = 9$$

8.3.7. Datos del sistema FV.

Con los datos del módulo FV seleccionado y la potencia nominal instalada se puede calcular los parámetros del sistema que se utilizan en la elección del regulador de carga FV.

- Potencia pico del sistema FV en función de los números de módulos:

$$P_{psist} = N_t \cdot V_{MPP} \quad (8.7)$$

Donde:

- P_{psist} es potencia pico del sistema FV [Wp]
- N_t es el número total de módulos FV
- P_{MPP} es la potencia pico del módulo FV [Wp]

$$P_{psist} = 9 \cdot 270 = 2430 \text{ [Wp]}$$

- Tensión pico del sistema fotovoltaico:

$$V_{MPPsist} = N_s \cdot V_{MPP} \quad (8.8)$$

Donde:

- $V_{MPPsist}$ es la tensión pico generada por el sistema FV [V]

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

- N_s es el número de módulos FV en serie
- V_{MPP} es la tensión pico del módulo FV [V]

$$V_{MPPsist}=1 \cdot 32,31=32,31 \text{ [V]}$$

- Intensidad pico del sistema FV:

$$I_{MPPsist}=N_p \cdot I_{MPP} \quad (8.9)$$

Donde:

- $I_{MPPsist}$ es la intensidad pico del sistema FV [A]
- N_p es el número de módulos FV en paralelo
- I_{MPP} es la intensidad pico del módulo FV [A]

$$I_{MPPsist}=9 \cdot 8,36 =75,24 \text{ [A]}$$

- Tensión en circuito abierto del sistema FV:

$$V_{OCsist}=N_s \cdot V_{OC} \quad (8.10)$$

Donde:

- V_{OCsist} es la tensión en circuito abierto del sistema FV [V]
- N_s es el número de módulos FV en serie
- V_{OC} es la tensión en circuito abierto del módulo FV [V]

$$V_{OCsist}=1 \cdot 39,12 =39,12 \text{ [V]}$$

- Intensidad de cortocircuito del sistema FV:

$$I_{SCsist}=N_p \cdot I_{SC} \quad (8.11)$$

Donde:

- I_{SCsist} es la intensidad de cortocircuito del sistema FV [A]
- N_p es el número de módulos FV en paralelo
- I_{SC} es la intensidad de cortocircuito del módulo FV [A]

$$I_{SCsist}=9 \cdot 8,88=79,92 \text{ [A]}$$

8.3.8. La superficie ocupada por el sistema FV

Para el sistema FV hay que evitar las sombras entre las placas ya que producen una disminución de rendimiento.

Para determinar la superficie ocupada por el dicho sistema y cumpliendo la condición de minimizar las pérdidas se supone que los 9 módulos se disponen en 3 filas con 3 módulos cada uno.

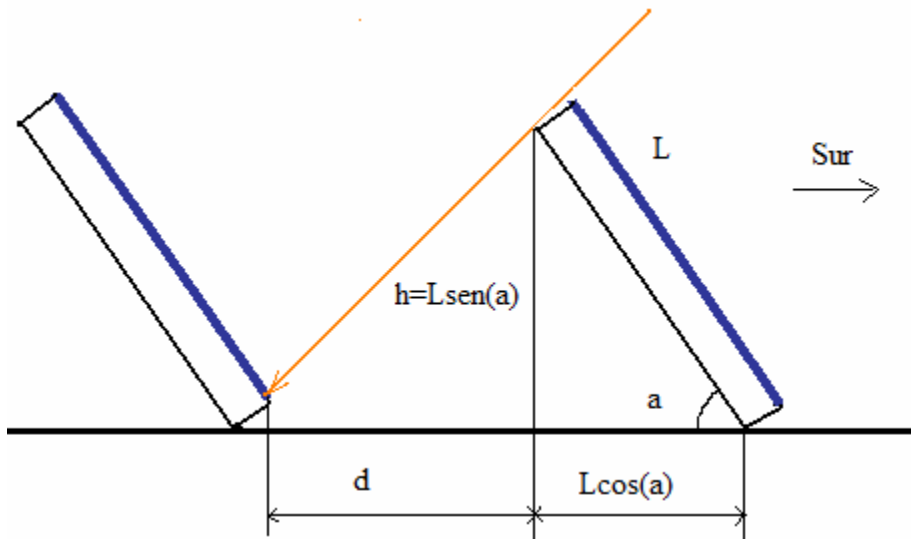


Figura 71. Distancia mínima entre módulos.

- h la altura o diferencia de altura entre la parte alta de una fila de módulos y la parte baja de la siguiente;
- L es la longitud del módulo;
- a es el ángulo de inclinación del módulo.

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre las dos filas de módulos inclinados de altura h , tiene que ser igual o superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(67^\circ - \text{latitud})} \quad (8.12)$$

$$d = \frac{L \cdot \sin(a)}{\tan(67^\circ - \text{latitud})} = \frac{1,683 \cdot \sin(33)}{\tan(67^\circ - 35,15^\circ)} = 1,47 \text{ m}$$

La superficie del sistema FV se calcula con la siguiente formula:

$$S_{\text{sist}} = [d + 3 \cdot L \cdot \cos(a)] \cdot 3 \cdot l \quad (8.13)$$

Donde:

- S_{sist} es la superficie total (incluidos los módulos y la separación entre ellos) [m²]
- l es la anchura del módulo [m]

$$S_{\text{sist}} = [1,47 + 3 \cdot 1,683 \cdot \cos(33^\circ)] \cdot 3 \cdot 0,995 = 17,02 \text{ [m}^2\text{]}$$

8.3.9. Regulador FV.

El regulador FV debe ser evaluado de acuerdo con los parámetros del sistema FV y las del acumulador eléctrico. Los módulos fotovoltaicos se diseñan para que puedan producir una tensión de salida algunos voltios superiores a la tensión que necesita una batería para cargarse. Se suele hacer esto para asegurar que el sistema FV estará en condiciones de cargar la batería, incluso cuando la temperatura de la célula sea alta y se produzca una caída de tensión.

En nuestro proyecto vamos a utilizar regulador con una tensión de salida de 24 V. El número de reguladores a utilizar se calcula con la siguiente formula:

$$I_{Re}=1,2 \cdot I_{sc} \cdot N_{paralelo} \quad (9.14)$$

Donde:

- I_{Re} es la intensidad de entrada al regulador.
- I_{sc} es la intensidad del cortocircuito.
- $N_{paralelo}$ es el número de módulos en paralelo.
- 1,1 es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador.

$$I_{Re} = 1,2 \cdot 8,88 \cdot 9 = 95,90 \text{ A}.$$

Por lo tanto se puede colocar 2 reguladores de 24 V/ 60 A marca SunStar SS-60C

Tabla 23. Características Regulador SunStar SS-60C

Voltaje sistema	12 a 48 V
Voltaje solar máximo de entrada	140 V
Voltaje máximo de funcionamiento	68 V
Conexionado en paralelo posible hasta 10 unidades	600 A
Voltaje mínimo de funcionamiento	9 V
Autoconsumo en funcionamiento	25 mA
Autoconsumo en standby	3 mA
Sección máxima cable	35 mm ²
Peso	2 kg
Dimensiones	266 X 127 X 75[mm]

8.3.10. El acumulador eléctrico.

El tamaño del acumulador está determinado por la demanda energética, los días de autonomía, la profundidad admisible de descarga y las diversas pérdidas por el propio sistema. La capacidad mínima de la batería se calcula con la siguiente formula:

$$C_{\min} = \frac{N_d \cdot E_d}{U \cdot T \cdot \eta_{\text{INV}}} \quad (8.15)$$

Donde:

- C_{\min} es la capacidad mínima del acumulador eléctrico [Ah]
- N_d es el número de días de autonomía [d]
- E_d es la energía eléctrica consumida en la vivienda en un día [Wh/d]
- U es la tensión del sistema [V]
- T es la profundidad de descarga (de 0.3 a 0.9)
- η_{inv} es el grado de eficiencia del inversor.

Para alargar el tiempo de vida útil de la batería se puede prefijar una profundidad de descarga diaria. Por tanto la profundidad admisible de descarga es de 0.9.

$$C_{\min} = \frac{N_d \cdot E_d}{U \cdot T \cdot \eta_{\text{INV}}} = \frac{2,5 \cdot 12540}{24 \cdot 0,9 \cdot 0,95} = 1527,77 \text{ [Ah]}$$

La capacidad calculada es para una autonomía de 2,5 días, por lo tanto se descargarán los acumuladores seleccionados hasta una profundidad admisible de descarga de 0,9, siempre y cuando que no tengamos ni sol ni viento para recargarlos, en caso contrario estas baterías tendrán una profundidad admisible de descarga mayor.

La batería elegida tiene las características que se pueden observar en la Tabla 24.

Tabla 24. Características batería Powersafe Solar TYS10 100PzS1000

Capacidad nominal	1525 Ah(C10)
Tensión nominal	2 V
Peso	76 Kg
Durada de vida en descarga 100%	900 [ciclos]
Durada de vida en descarga 50%	1300 [ciclos]
Durada de vida en descarga 30%	2400 [ciclos]
Dimensiones	233 X 210 X 687[mm]

Las baterías se conectan entre sí para que la tensión final sea de 24 V. Las baterías pueden formar grupos de baterías, de forma que dentro de cada grupo se conectan en

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

serie, mientras que los grupos se conectan en paralelo. El número de baterías que forma cada grupo es:

$$N_{bs} = \frac{V_{tr}}{V_{nbat}} \quad (8.16)$$

Donde:

- N_{bs} es el número de baterías en serie
- V_{tr} es la tensión nominal de trabajo del sistema híbrido [V]
- V_{nbat} es la tensión nominal de la batería [V]

$$N_{bs} = \frac{24}{2} = 12$$

El número de grupos en paralelo es:

$$N_{pb} = \frac{C_{min}}{C_{bat}} \quad (8.17)$$

Donde:

- N_{pb} es el número de grupos en paralelo
- C_{min} Capacidad mínima de instalar [Ah]
- C_{bat} Capacidad de la batería [Ah]

$$N_{pb} = \frac{1525}{1527} = 0,998 \text{ grupos en paralelo}$$

Como esto no es posible, ya que cada batería es una unidad, se emplea el valor superior inmediato que es 2, pero **quedamos con 1 grupos en paralelo**, por ser muy próximo a 1.

En estas condiciones, el número total de baterías es 12 y la capacidad del acumulador eléctrico es de **1525 Ah**.

8.3.11. El inversor.

Para evitar calcular en exceso el inversor no hay que tener en cuenta la potencia que ha de entregar a todos los consumos, sino la potencia que ha de entregar a los que puedan funcionar simultáneamente. En la Tabla 25 y 26 se puede observar el factor de simultaneidad (Fs), para las cargas y las luminarias.

Tabla 25. Cargas simultáneos.

Receptor	potencia nominal[W]	FS	Preceptores simultáneos [W]
Frigorífico	105	1	105
Lavadora	2000	0,2	400
Televisión	50	0,75	37,5
Plancha	1000	0,2	200
Microondas	1250	0,2	250
Coche eléctrico	2200	0,5	1100
Total			2092,5

Tabla 26. Luminarias simultáneas.

Ubicación	potencia nominal[W]	FS	Preceptores simultáneos [W]
Pasillos	8	0,25	2
Comedor	11	0,75	8,25
Cocina	11	0,5	5,5
Baño 1	11	0,25	2,75
Baño 2	8	0,25	2
Dormitorio 1	11	0,5	5,5
Dormitorio 2	11	0,25	2,75
Dormitorio 3	11	0,25	2,75
Dormitorio 4	11	0,25	2,75
Dormitorio 5	11	0,25	2,75
Patio	11	0,75	2,75
Total			39,75

Tabla 27. Potencia simultánea de la vivienda.

Potencia vivienda(W)	2132,25
----------------------	---------

La potencia nominal del inversor debe ser más grande que la potencia total de los receptores simultáneos.

$$P_{ni} \geq 1,1 \cdot P_{rs} \quad (8.18)$$

Donde:

- P_{ni} es la potencia nominal del inversor [W]
- P_{rs} es la potencia total de los receptores simultáneos [W]
- $P_{ni} \geq 1,1 \cdot P_{rs} \rightarrow P_{ni} \geq 1,1 \cdot 2132,25 = 2345,47$ [W]

El inversor escogido es **Inversor Victron MultiPlus 24 V 3000 W 70 A**, cuyas características más importantes son:

Tabla 28. Características Inversor Victron MultiPlus 24 V 3000 W 70 A

Power assist	sí
Power control	sí
Conmutador de transferencia	50 A
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	sí
Entrada C.A	187 – 265 V
Tensión de carga de absorción	28,8 V
Tensión de carga de flotación	27,6 V
Corriente de carga de baterías	120 A
Potencia nominal (W en prueba +- 10 %)	3000 W
Potencia continuada	2500 W
Potencia de pico	6000 W
Tensión / Frecuencia de salida	230 VAC/ 50 Hz
Rango de tensión de entrada VDC	18,4/34,6 V
Alarma de batería baja	21,8 V
Eficiencia máxima del inversor	94 %
Consumo en vacío	10 W
Temperatura de funcionamiento	-20 °C / +50 °C
Peso	3,5 kg
Dimensiones	72 X 155 X 237 mm

8.3.12. El sistema híbrido a instalar (eólico-solar).

La complejidad de un sistema híbrido y sus componentes, varía dependiendo del suministro de energía eléctrica, de la potencia y de las características de los consumos. En este caso, para el suministro de energía eléctrica en la vivienda es necesario utilizar un sistema FV y un sistema eólico que asegure la captación de energía, un sistema de regulación que realiza la función de control de las baterías y el control de los procesos de conexión y desconexión de las cargas alimentadas y un sistema de adaptación del suministro que ajuste los parámetros de las dos fuentes de energía eléctrica.

8.3.12.1. El sistema eólico.

En la tabla 29 nos muestra la potencia total mensual de los 2 aerogeneradores AIR X MARINE para una velocidad media y de una altura de la torre de 10 m.

Tabla 29. Energía eléctrica suministrada por 2 aerogeneradores AIR X MARINE para las velocidades medias y la altura de la torre de 10 m.

MES	V _{media} [m/s]	E _{mes} [KWh]
ENERO	6,22	238,90
FEBRERO	9,99	334,52
MARZO	7,86	313,80
ABRIL	8,24	317,36
MAYO	7,44	296,86
JUNIO	5,58	198,36
JULIO	8,27	329,40
AGOSTO	6,71	264,34
SEPTIEMBRE	6,67	253,08
OCTUBRE	6,67	261,50
NOVIEMBRE	7,21	277,70
DIECIEMBRE	7,50	299,68
TOTAL		3385,50

También viene incluido un regulador de tensión interno por cada aerogenerador.

8.3.12.2. El sistema solar.

En el apartado 8.3.6 (datos del sistema FV) hemos calculado teóricamente los apartados necesarios para el dimensionamiento solar.

En cambio ahora utilizaremos el programa **PVSYST V5.55** para la simulación y diseño de este tipo de trabajos.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Stand-alone System definition, Variant "Nueva variante de simulación"

Presizing help

Av. daily needs : Enter accepted LOL 5.0 % ? Battery (user) voltage 24 V ?

12.5 kWh/day Enter requested autonomy 2.0 day(s) ? Suggested capacity 1157 Ah

Suggested PV power 3.2 kWp (nom.)

Select battery set

Sort Batteries by: ☒ voltage ☐ capacity ☐ manufacturer

2 V 1550 Ah TXE 1550 / OPzS1500 Fulmen-CEAC [Open]

12 [checked] Batteries in serie [Diagram] Number of batteries 12 Battery pack voltage 24 V

1 [checked] Batteries in parallel [Diagram] Global capacity 1550 Ah

Stored energy 37.2 kWh

Select module(s)

Sort modules by: ☒ power ☐ technology ☐ manufacturer Todos los módulos

270 Wp 30V Si-poly Blue 270/17(270) Solon SE Manufacturer 20° [Open]

1 [checked] Modules in serie [Diagram] Array voltage at 50°C 32.5 V

9 [checked] Modules in parallel [Diagram] Array current 67.2 A

9 Modules Array nom. power (STC) 2.4 kWp

[User's needs] [Cancel] [OK] [Next]

Figura 72. Configuración de la instalación (Imagen PVSYST).

En la **figura 72** procedente del PVSYST podemos observar las características principales de nuestra instalación, en ella vemos que para un grupo de 2,43 kW necesitaremos 9 módulos solares distribuidas de la siguiente manera: 9 módulos de 270 W en paralelo. Además vemos las principales condiciones de funcionamiento del sistema en cuanto a tensión y corriente, así como la potencia nominal del mismo.

También hemos utilizado 12 acumuladores distribuidas de la siguiente manera: 12 baterías en serie. Además vemos las principales condiciones de funcionamiento del sistema en cuanto a tensión y corriente, así como la potencia nominal del mismo.

Una vez establecidas todas las condiciones del sistema se procederá a la simulación del mismo.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

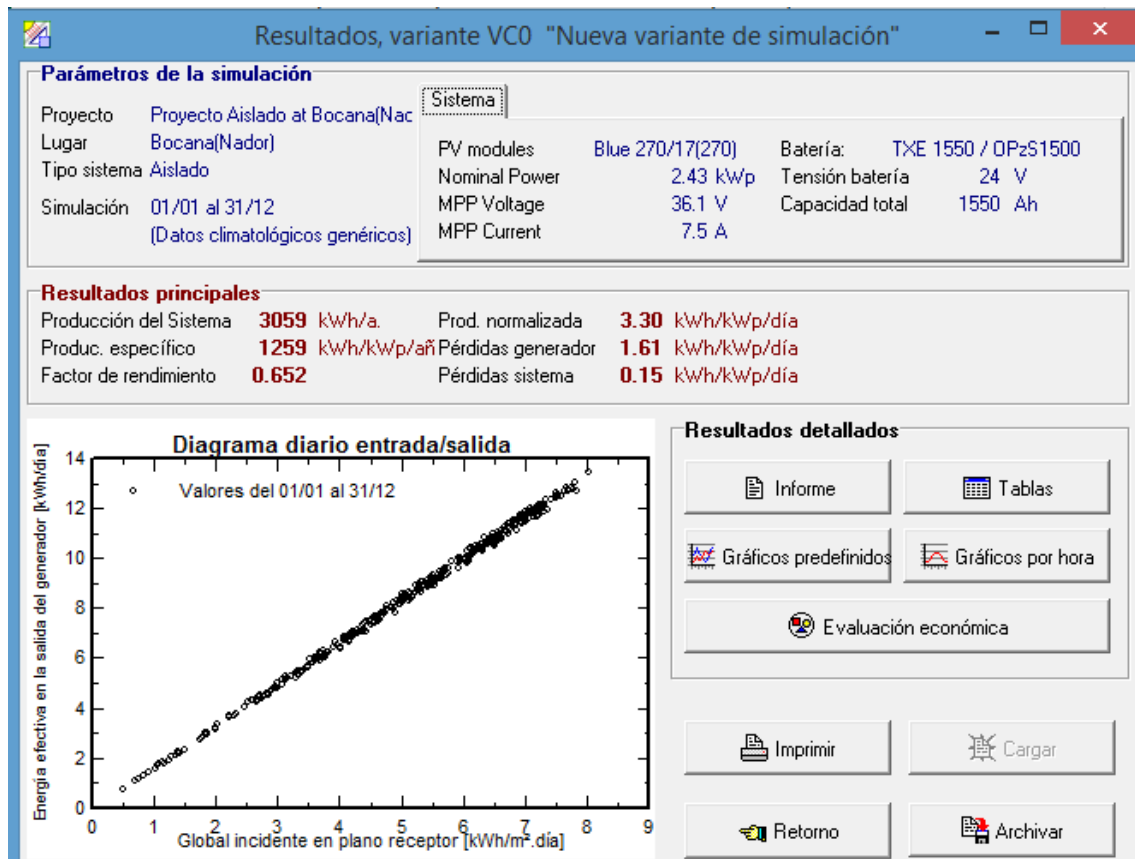


Figura 73. Resultados principales de la simulación (Imagen PVSYST).

- Producción Anual del sistema: 3059 kW·h/año.
- Producción específico : 1259 kW·h/kWp/año.
- Proporción del rendimiento: 0,652
- Producción normalizada: 3,30 kW·h/kWp/día
- Pérdidas del Generador Fotovoltaico: 1,61 kW·h/kWp/día
- Pérdidas del sistema: 0,15 kW·h/kWp/día

En los resultados observamos que la producción media anual de unos de los generadores es del 65,2%, esto es debido a que el sistema no es ideal y se producen pérdidas en el rendimiento del mismo. Estas pérdidas son producidas por el generador fotovoltaico y el resto de los elementos de la instalación

8.3.13. Resultados.

PVSYST V5.55

22/04/15

Página 1/4

Sistema Aislado: Parámetros de la simulación

Proyecto :

Proyecto Aislado at Bocana(Nador)

Lugar geográfico

Bocana(Nador)

País

Morocco

Ubicación

Latitud

35.2°N

Longitud

2.5°E

Hora definido como

Hora Legal

Huso hor. UT+0

Altitud

37 m

Albedo

0.20

Datos climatológicos : Bocana(Nador), Síntesis datos por hora

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Fecha de simulación

22/04/15 13h19

Parámetros de la simulación

Orientación Plano Receptor

Inclinación

33°

Acimut

0°

Características generador FV

Módulo FV

Si-poly

Modelo

Blue 270/17(270)

Fabricante

Solon SE

Número de módulos FV

En serie

1 módulos

En paralelo

9 cadenas

N° total de módulos FV

N° módulos

9

Pnom unitaria

270 Wp

Potencia global generador

Nominal (STC)

2430 Wp

En cond. funciona.

2184 Wp (50°C)

Caract. funcionamiento del generador (50°C)

V mpp

33 V

I mpp

67 A

Superficie total

Superficie módulos

17.6 m²

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (viento)

0.0 W/m²K / m/s

=> Temp. Opera. Nom. Cél. (G=800 W/m², Tamb=20° C, Viento=1m/s)

TONC

56 °C

Pérdida Ohmica en el Cableado

Res. global generador

8.0 mOhm

Fracción de Pérdidas

1.5 % en STC

Pérdida Calidad Módulo

Fracción de Pérdidas

1.5 %

Pérdidas Mismatch Módulos

Fracción de Pérdidas

4.0 % (tensión fija)

Efecto de Incidencia, parametrización ASHRAE

IAM =

1 - bo (1/cos I - 1)

Parámetro bo

0.05

Parámetro del Sistema

Tipo de sistema

Sistema Aislado

Batería

Modelo

TXE 1550 / OPzS1500

Fabricante

Fulmen-CEAC

Características del banco de baterías

Tensión

24 V

Capacidad Nominal

1550 Ah

N° de unidades

12 en serie

Temperatura

Fijo (20°C)

Regulador

Modelo

General Purpose Default

Tecnología

Undefined

Coef. temp.

-5.0 mV/°C/elem.

Umbral de Regulación Baterías

Carga

27.4/26.2 V

Descarga

23.5/25.2 V

Comando de Generador Auxiliar

23.6/25.8 V

Necesidades de los usuarios : Cons. domésticos diarios

Constante durante el año

media

12.5 kWh/Día

Traducción sin garantía, sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 74. Informe del PVSYST donde se muestra la configuración de nuestro generador.

PVSYST V5.55		22/04/15	Página 2/4
Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario			
Proyecto : Proyecto Aislado at Bocana(Nador)			
Variante de simulación : Nueva variante de simulación			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	Inclinación	33°	acimut 0°
Generador FV	N° de módulos	9	Pnom total 2430 Wp
Batería	Modelo	TXE 1550 / OPzS1500	Tecnología blerta, tubular
banco de baterías	N° de unidades	12	Tensión/Capacidad 24 V / 1550 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global 4577 kWh/año
Cons. domésticos diarios, Constante durante el año, media = 12.5 kWh/día			
Valores anuales			
	Número	Potencia	Utilización
Otras utilizaciones	1	12540 W total	1 h/día
Energía total diaria			12540 Wh/día

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 75. Informe del PVSYST donde podemos ver el consumo diario medio.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

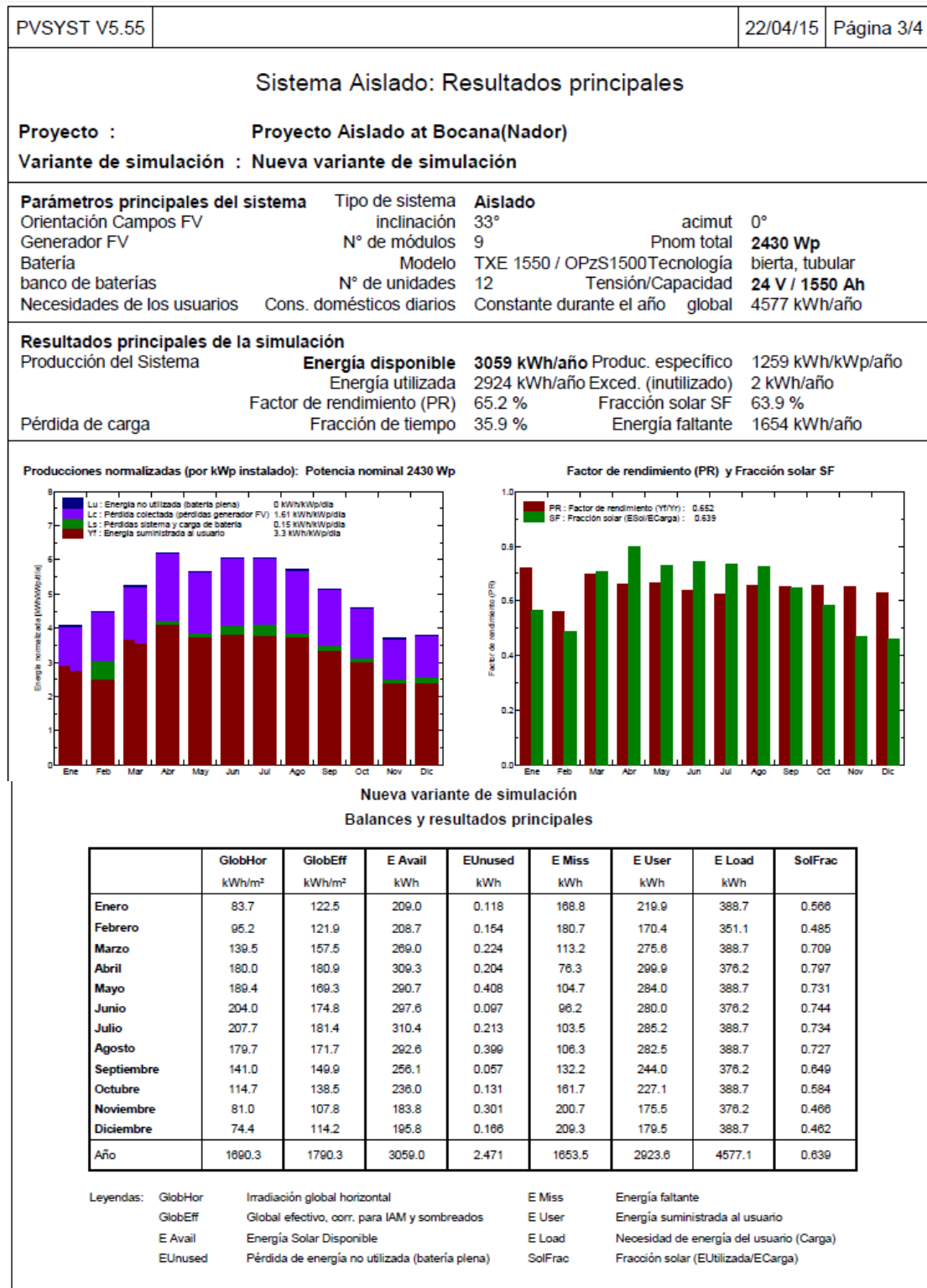


Figura 76. Informe del PVSYST donde podemos ver la producción de energía anual y su rendimiento.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable,
para aprovechar la generación.

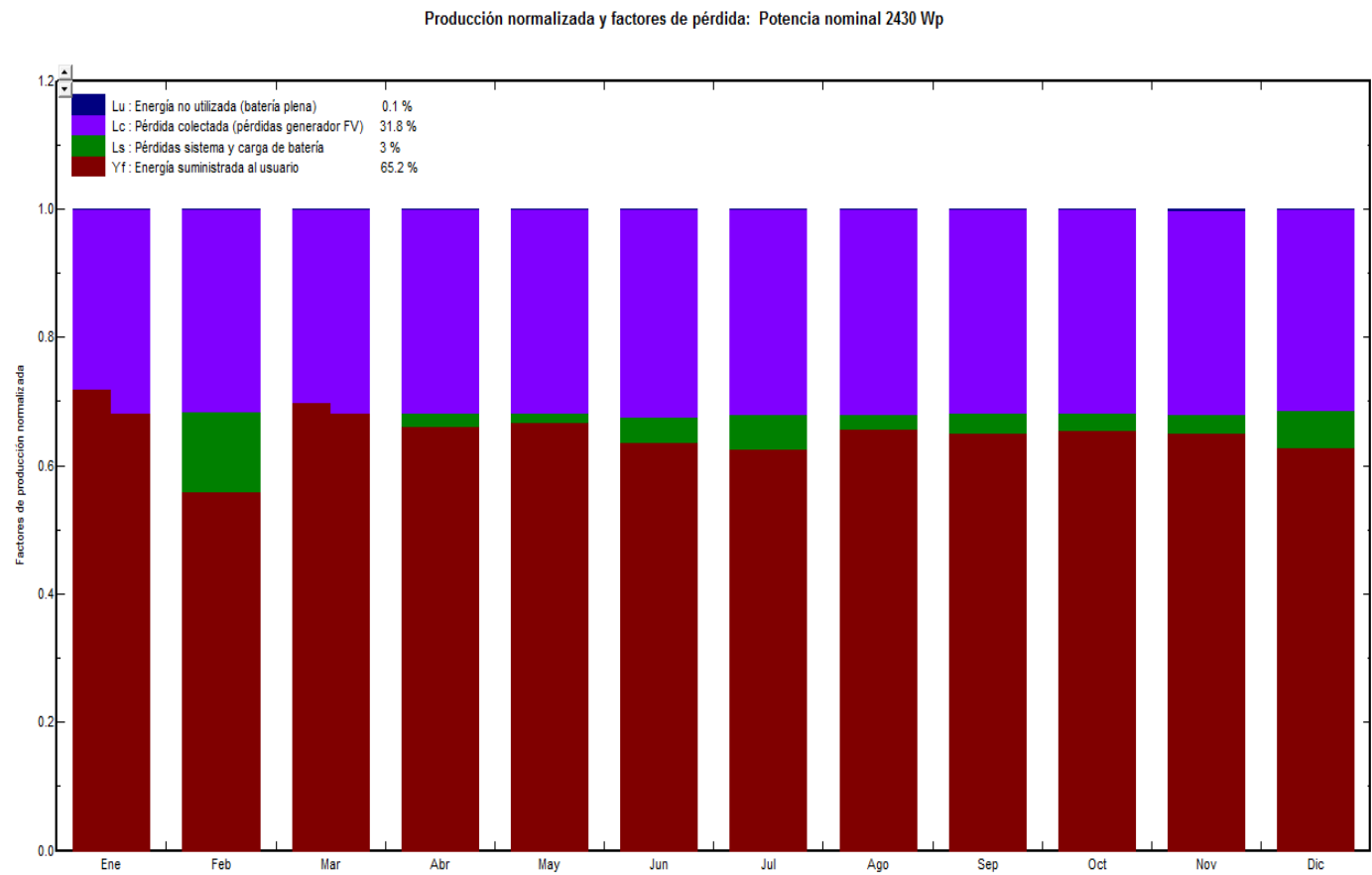


Figura 77. Distribución de la producción y de las pérdidas generadas (Imagen PVSYST).

Podemos ver en la gráfica anterior como las pérdidas producidas en el generador fotovoltaico son del 31,8%, las pérdidas del sistema y carga de batería es de 3 % y la energía no utilizada estando las baterías llenas es de 0,1 %.

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Se muestran los valores numéricos de la energía eléctrica entregada por los aerogeneradores y por el sistema FV en la Tabla 31.

Estos datos no incluyen las pérdidas de conversión del inversor, el grado de eficiencia de los conductores relevantes de transporte, las pérdidas en la carga de la batería y el grado de eficiencia del regulador de carga.

Tabla 30. Energía eléctrica suministrada por los módulos fotovoltaicos.

MES	Irrad.global (KWh/m ² .mes)	E _{mes} [kWh]
ENERO	83,7	219,9
FEBRERO	95,2	170,4
MARZO	139,5	275,6
ABRIL	180,0	299,9
MAYO	189,4	284,0
JUNIO	204,0	280,0
JULIO	207,7	285,5
AGOSTO	179,7	282,5
SEPTIEMBRE	141	244,0
OCTUBRE	114,7	227,1
NOVIEMBRE	81,0	175,5
DIECIEMBRE	74,4	179,5
TOTAL		2923,9

Tabla 31. Energía eléctrica suministrada por el sistema híbrido (eólico-solar).

MES	E _{mes} [kWh] eólico	E _{mes} [kWh] solar	E _{mes} [kWh] total
ENERO	238,90	219,9	458,8
FEBRERO	334,52	170,4	504,92
MARZO	313,80	275,6	589,4
ABRIL	317,36	299,9	617,26
MAYO	296,86	284,0	580,86
JUNIO	198,36	280,0	478,36
JULIO	329,40	285,5	614,9
AGOSTO	264,34	282,5	546,84
SEPTIEMBRE	253,08	244,0	497,08
OCTUBRE	261,50	227,1	488,6
NOVIEMBRE	277,70	175,5	453,2
DIECIEMBRE	299,68	179,5	479,18
TOTAL	3385,50	2923,9	6282,7

Tabla 32. Consumo mensual de la vivienda y el vehículo eléctrico

MES	Demanda de energía mensual de la vivienda[kWh]
ENERO	388,74
FEBRERO	351,12
MARZO	388,74
ABRIL	376,20
MAYO	388,74
JUNIO	376,20
JULIO	388,74
AGOSTO	388,74
SEPTIEMBRE	376,20
OCTUBRE	388,74
NOVIEMBRE	376,20
DICIEMBRE	388,74

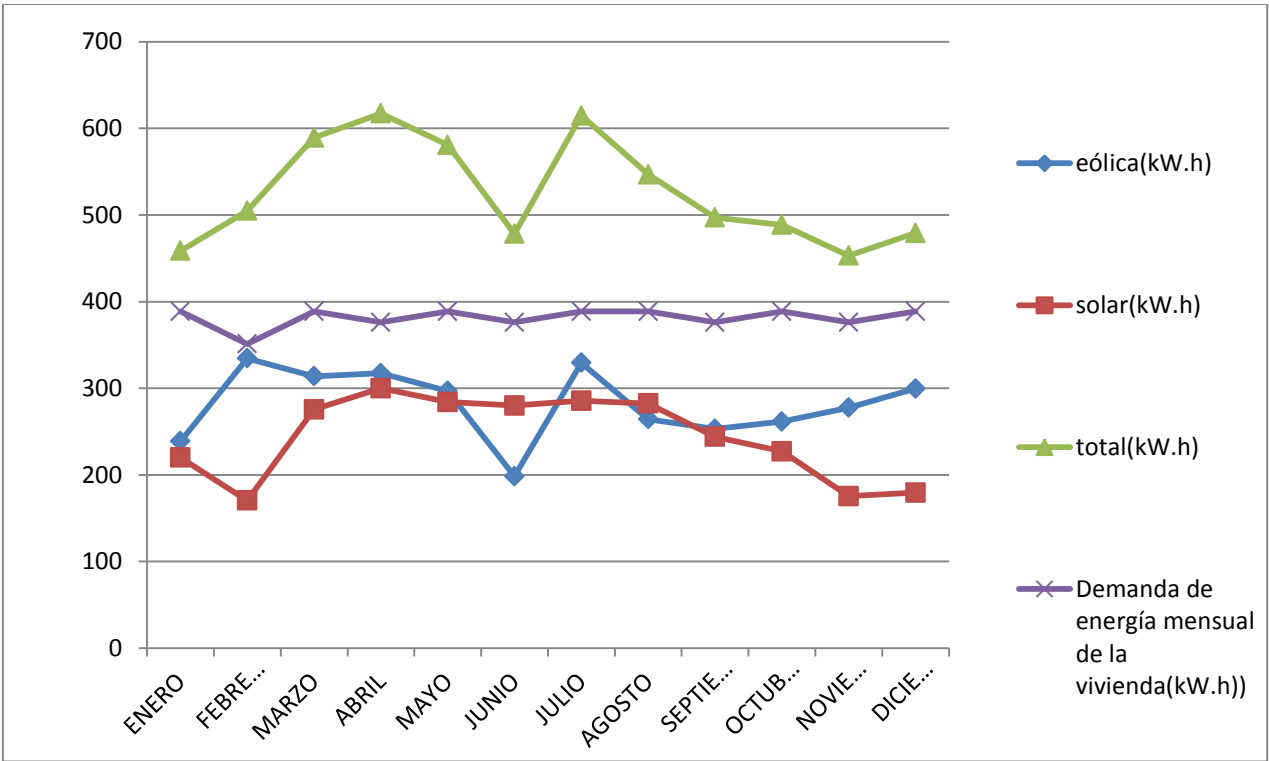


Figura 79 .Variación de la energía eléctrica suministrada por el sistema híbrido y la demanda de energía mensual de la vivienda.

La menor variación se obtiene para un ángulo de 33° . En la Figura 79 se puede observar la energía eléctrica producida a lo largo del año para velocidades del viento medias a una altura de la torre de 10 m y la energía eléctrica producida por módulos FV con una inclinación de 33° y con una potencia nominal instalada de 2430 Wp. Usando este ángulo se puede observar que la energía eléctrica total, producida por un año, no tiene pendientes elevadas.

El sistema híbrido es autónomo, sin conexión a la red, y por eso es necesaria la existencia de los siguientes componentes:

- sistema de captación de energía (eólico y fotovoltaico)
- sistema de regulación (regulador de carga).
- sistema de adaptación del suministro (acumulador eléctrico, convertidor cc/ca).

8.3.14. Conclusiones del sistema híbrido.

En los sistemas aislados resulta imprescindible almacenar la energía eléctrica generada durante el día (el caso del sistema FV), o durante periodos con velocidades del viento que garantiza la operación del aerogenerador, para cubrir la demanda nocturna y los momentos de escasa producción de energía eléctrica. La seguridad de suministro y también la vida útil de todo el sistema depende decisivamente de la función de almacenamiento. En este caso el acumulador eléctrico debe resistir bien a los ciclos de carga y descarga diaria, debe tener una buena eficiencia de carga, incluso con pequeñas intensidades de la misma, y una baja autodescarga. El acumulador eléctrico está formado por 12 baterías de Pb-ácido, de 2 V cada una, que asegura una tensión continua de salida de 24 V y una capacidad de 1525 Ah. La carga del acumulador eléctrico se realiza generando una tensión mayor que la tensión nominal. En esta operación, la tensión aumenta gradualmente con la carga. Es deseable que esta tensión no exceda la tensión de fin de carga del fabricante y de este se encarga el regulador de tensión **Sun Star SS-60 C**.

Los módulos FV, el aerogenerador y el acumulador eléctrico proporcionan tensión continua, con la que los consumidores de esta vivienda no pueden funcionar. Para poder suministrar energía eléctrica a estos se requiere el uso de unos inversores que presente una corriente alterna de salida lo más sinusoidal posible, una tensión de salida de 230 V (monofásica) y una frecuencia estable de 50 Hz. La potencia de un inversor del sistema ha sido establecida en función de la demanda de energía eléctrica simultánea de los consumos y tiene el valor de 3 kW. El inversor admite breve admisión de sobrecarga para los picos de carga y arranque de motores.

Basándome en los resultados de los cálculos, esta instalación sería posible su puesta en marcha, y por lo tanto llevarla a cabo, desde un punto de vista tecnológico, a pesar de la fuerte variación de viento entre los meses de verano e invierno. Debido al fuerte impacto causado por la falta de viento en los meses de verano, la instalación fotovoltaica se ha visto dimensionada para dichos meses, ya que aparte de alimentar a las baterías, tiene que generar energía extra para cubrir los meses de verano.

Así pues, con esta instalación se podría cubrir la demanda de la vivienda aislada de la red, incluyendo los peores meses y sin el uso de energías no renovables, como podría ser un motor diésel o gasolina de emergencia, disminuyendo unas hipotéticas emisiones de CO₂ y la dependencia del petróleo.

8.4. El vehículo eléctrico.

8.4.1. El vehículo seleccionado y sus características.

En el emplazamiento del proyecto, mi padre dispone de un vehículo de combustión interna, que es un KIA PICANTO de tres cilindros de un litro con una potencia de 69 CV, con que hace trayectos diarios menores a 20 Km de ida y vuelta.

La idea es cambiarlo por un coche eléctrico, porque disponemos de una instalación eólica-solar, donde podemos aprovechar la energía eléctrica.

De esta forma, hemos pensado en un vehículo eléctrico que disponga de una pequeña potencia en el motor de tracción.

Hemos decidido seleccionar el vehículo eléctrico llamado REVA LHD, fabricado por Reva electric car Company PVT.LTD, por tener una buena relación Precio-Autonomía

El REVAi es un cuadriciclo eléctrico de 2 puertas, 2+2 asientos, con portón trasero perfecto para la movilidad en la ciudad o entornos rurales donde las distancias no sobrepasen los 120 km de autonomía que dispone.

La nueva versión (REVA L-ion) con batería de Li-ion de 51 V - 160 Ah que ofrece una autonomía de 120km



Figura 80. El vehículo eléctrico REVA L-ion.

Tabla 33. Características del vehículo eléctrico REVA L-ion.

MOTOR, PRESTACIONES Y CONSUMO	
Motor eléctrico	Motor de inducción AC (sin mantenimiento)
Potencia máxima CV	19 CV
Potencia máxima kW/rpm	14.5 KW (19 CV) kW/rpm
Par máximo	250 Nm a 2000 rpm Nm/rpm
Velocidad máxima	80 km/h
Consumo eléctrico	90 Wh/km
Autonomía NEDC	120 km
TRANSMISIÓN	
Tracción	Trasera
BATERÍA	
Tipo	Baterías de Li-ion. 51 V - 160 Ah
Tipo de cargador (Connector o enchufe)	220 - 240 V, 2.2 KW, alta frecuencia
Tipo de carga / tiempo 100%	4
Tipo de carga / tiempo 80%	3
DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES	
Largo	2638 mm
Ancho	1324 mm
Alto	1510 mm
Distancia entre ejes	1710 mm
Diámetro de giro	3505 m
Peso en vacío min/max	519 kg
Carga min/max autorizada	794 kg
Número de puertas	2
Número de plazas	4
CHASIS	
Frenos delanteros	Tambor, con sistema de frenado regenerativo
Frenos traseros	Tambor, con sistema de frenado regenerativo
Neumáticos	D: 145/70 R13 71T - T: 145/70 R13 71T

8.4.2. Ciclo real de conducción.

El ‘Ciclo de conducción real’ plantea encontrar características técnicas del motor de un vehículo, basándonos en los resultados obtenidos experimentalmente en carretera.

Se ha hecho una prueba de aproximadamente de 8 kilómetros de recorrido de a casa has la cuidad más cercana llamada Beni Ansar.

Los detalles de esta prueba se muestran en una tabla de Excel, la misma que relaciona la velocidad de dicho vehículo a través del tiempo.

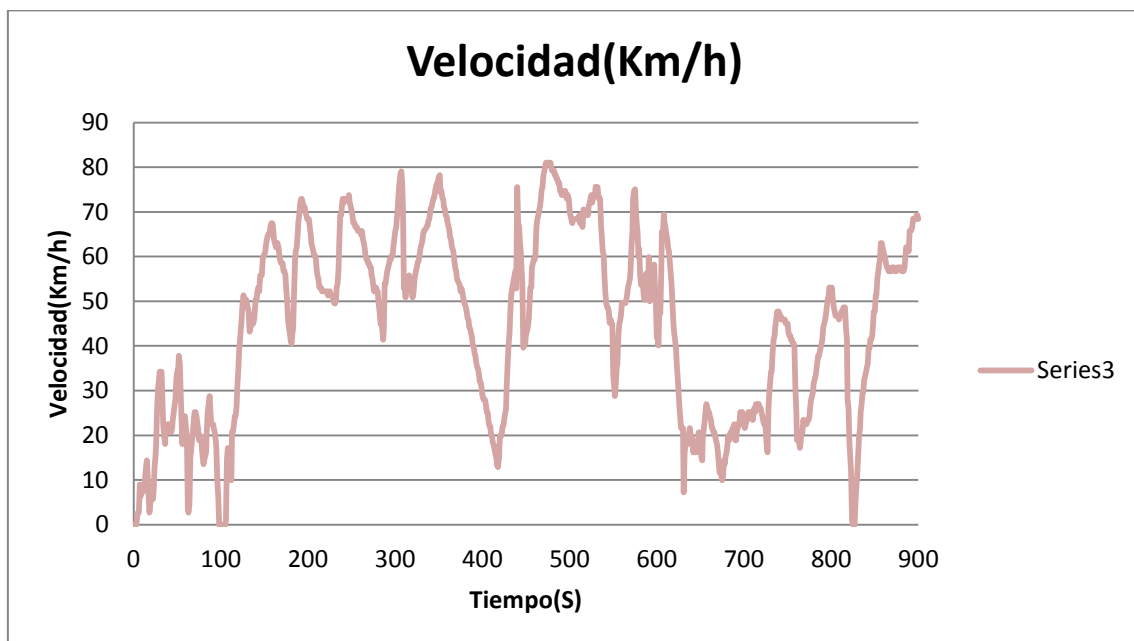


Figura 81. Velocidad del vehículo eléctrico REVA L-ion durante el recorrido de 15 minutos.

La gráfica de estos valores es la que se muestra a continuación:

Además se plantean los siguientes datos para poder calcular valores adicionales:

$P_r = K_r \cdot v(t)$	$K_r = (9,81/36 \cdot 10^5) \cdot f_r \cdot W$
$P_l = K_l \cdot v^3(t)$	$K_l = 0.00492 \cdot (C_x \cdot A) \cdot (9,81/3600)$
$P_p = K_p \cdot (z(t)/100) \cdot v(t)$	$K_p = (9,81/3600) \cdot W$
$P_a = K_a \cdot a(t) \cdot v(t)$	$K_a = (1/3600) \cdot (W + 4 \cdot (I_r / r_{din}^2))$

W: masa del vehículo [kg], 880 kg
 Cx: Coeficiente aerodinámico, 0.39
 A: Area frontal [m2], 1.72 m2

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

fr: Coeficiente de fricción rodadura [kg/Tn],
12kg/Tn

Ir: Inercia de las ruedas [kg*m²], 1.668 kg*m²

Rd: Radio dinámico rueda [m], 0.263 m

z: pendiente en porcentaje, en este caso 0%.

Las formulas que emplearemos son las que se muestran en la tabla anterior, en donde:

- P_r = Potencia disipada por la rodadura [kW]
- P_l = Potencia disipada por la fricción del aire
- P_p = Potencia necesaria para superar una cierta pendiente
- P_a = Potencia necesaria para acelerar el vehículo
- W= es la masa del vehículo en [kg]
- I_r = es la Inercia de la rueda en [kg*m²]
- R_{din} = es el radio dinámico de rodadura en [m]
- fr=es el coeficiente de fricción en [kg/Tn]
- C_x = Coeficiente aerodinámico, adimensional
- A = Sección maestra del vehículo en [m²]
- v(t)= Velocidad instantánea del vehículo, supuesto viento cero [km/h]

Una vez calculadas las constantes k de las que dependen cada una de las potencias, procedemos a calcular los valores de las cuatro potencias antes planteadas.

Ahora, con estos valores calculamos la *Potencia de la rueda* a lo largo de los 000 seg o 15 minutos, la cual resulta de la suma de todas las potencias anteriormente calculadas.

$$P_{\text{eje rueda}} = P_r + P_l + P_p + P_a$$

La línea azul de la grafica muestra la potencia entregada por la rueda en las distintas condiciones de tiempo. La línea de color marrón en cambio expresa la potencia media desarrollada por nuestro vehículo para esta prueba específica. En teoría, esta potencia media del vehículo es el resultado de la sumatoria de todas las potencias del eje rueda, dividido para el tiempo total en el que se lleva a cabo la prueba. Hay que tomar muy en cuenta las unidades con las que se trabaja para que no existan confusiones.

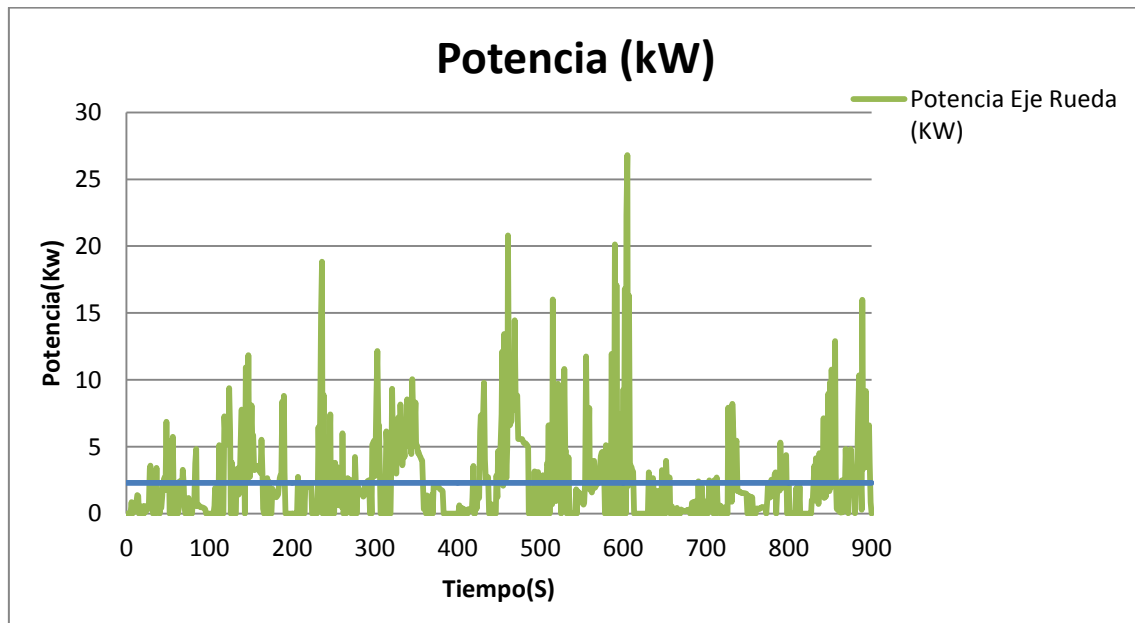


Figura 82. Potencia del vehículo eléctrico REVA L-ion durante el recorrido de 15 minutos.

En este caso la potencia media está alrededor de **2,31 kW**.

El trabajo total:

$$\text{TRABAJO TOTAL} = 577,43\text{Wh}$$

De todo esto podemos concluir que:

- La potencia instantánea de la rueda varía de manera proporcional a la velocidad del vehículo excepto cuando la velocidad se mantiene. Esto se logra apreciar comparando las gráficas de velocidad del vehículo con la de potencia en el eje rueda.
- Otro aspecto a tomar en cuenta es que de acuerdo a la tabla de simulación en Excel se aprecia que cuando la velocidad del vehículo permanece constante, es decir cuando la aceleración del vehículo es cero, la potencia decae bruscamente hasta estabilizarse en un valor muy por debajo del alcanzado.
- La potencia media del ciclo es de aproximadamente 2,31 kW; obteniéndose para este tramo de recorrido una potencia máxima de alrededor de 26,799 kW.
- La potencia máxima del ciclo se da en el transcurso del segundo 605 que no coincide con el punto de la velocidad mas alta(80 km/h).
- La energía total necesaria para cumplir este ciclo de trabajo es de 577,43 Wh aproximadamente.

Tabla 34:Potencia y energia

Potencia y energía	Valor obtenido
Potencia Media	2,31 kW
Potencia Máxima en el eje rueda	26,799 kW
Energía necesaria ciclo de trabajo	577,43 Wh

Para esta parte, se desea conocer la eficiencia de conducción urbana del vehículo analizado en función del consumo por cada cien kilómetros, vamos a plantearnos distintos valores de consumo, para a través de ellos poder generar una gráfica que muestre los cambios en la eficiencia de las baterías de acuerdo a los valores de consumo por cada 100 km.

$$\eta_{vehículo} = \frac{E_{ciclo}}{E_{consumida}}$$

La energía necesaria para cumplir con el ciclo de trabajo es la que se calculó anteriormente que era de 577,43Wh.

Tabla 35:Consumo medio.

Consumo medio	Distancia
variable [Wh/100km]	8 [Km]

Con el fin de tener una gráfica que nos entregue varios puntos de análisis, vamos a ir variando los valores de consumo en un rango que englobe cifras lo más reales posibles. Los valores de consumo serán los siguientes:

Tabla 36:Eficiencia de conducción

valor	Consumo medio	Energía	Eficiencia Conducción
1	90 [Wh/100km]	720 Wh	80,20 %
2	100 [Wh/100km]	800 Wh	72,17 %
3	110 [Wh/100km]	880 Wh	65,61 %
4	120 [Wh/100km]	960 Wh	60,14 %
5	130 [Wh/100km]	1040Wh	55,52 %
6	140 [Wh/100km]	1120 Wh	51,55 %
7	150 [Wh/100km]	1200 Wh	48,11 %

Remplazando los valores del consumo medio en la fórmula de la energía se obtienen los resultados que se muestran en la tabla anterior. Con estos nuevos datos y tomando en cuenta que la energía útil del ciclo es 577,43 Wh, calculamos la eficiencia de conducción urbana para llevarlos luego a una gráfica.

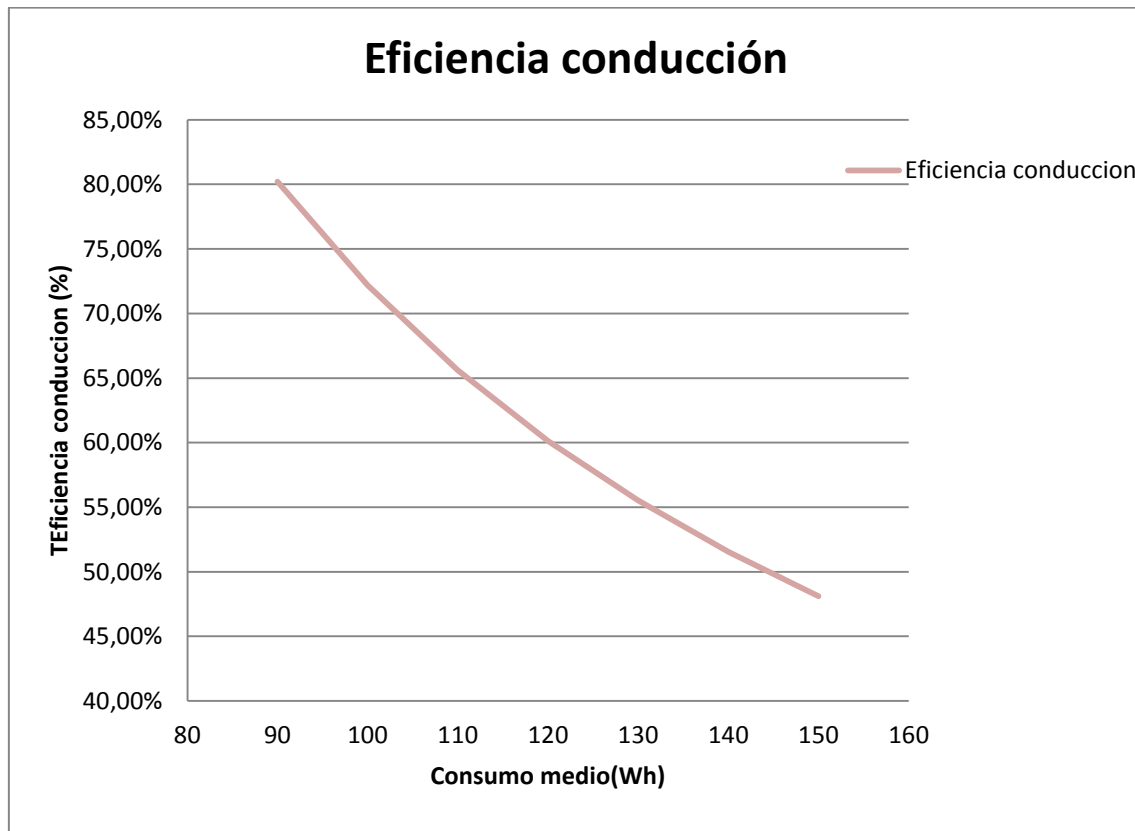


Figura 83. Eficiencia de conducción del vehículo eléctrico REVA L-ion durante el recorrido de 15 minutos.

Como puede observarse en la gráfica, la curva obtenida es de tipo logarítmica e indica la relación inversa que existe entre el consumo del motor eléctrico del vehículo y la eficiencia de conducción urbana del mismo.

8.4.3. Tiempo necesario para cargar las baterías del vehículo.

Según el fabricante, el tiempo necesario para cargar el vehículo eléctrico, con una tensión de 230 V en corriente alterna y con una potencia de 2,2 KW es de 4 horas para cargar las baterías al 100%, y 3 horas para cargarlas al 80%.

Como observamos que el tiempo de recarga del vehículo eléctrico, es aproximadamente de 4 horas, podemos optar por cargar el vehículo de día, cuando la radiación solar es alta y por supuesto estando el vehículo en la vivienda sin uso, estará cargando el vehículo eléctrico en el aparcamiento del mismo, habiendo un temporizador programable para que intentemos lograr cargar el vehículo siempre de día, Así tendremos mayor autonomía en los acumuladores y toda la energía se consigue de la radiación solar y el viento.

9. Dimensionado de los conductores.

9.1. Normativa y Reglamentación.

CENELEC (en francés Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) es el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.

CENELEC es responsable de la estandarización europea en las áreas de ingeniería eléctrica. Junto a la ETSI (telecomunicación) y al CEN (otras áreas técnicas), forma parte del sistema europeo de normalizaciones técnicas. Aunque trabaja activamente para la Unión Europea, no es una institución de la CEE. Los trabajos del CENELEC están basados fundamentalmente en publicaciones IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), aunque también se elaboran normas por los propios canales técnicos del CENELEC. Cuando se logra un acuerdo total entre los países europeos sobre las normas elaboradas por el CENELEC, se denomina "Norma Europea" (EN). Si existen diferencias se puede obtener un "Documento de Armonización" (HD).

Son miembros del CENELEC 33 países: Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, República de Macedonia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido.

Además, 13 países están afiliados al organismo: Albania, Bielorrusia, Bosnia Herzegovina, Egipto, Georgia, Israel, Jordania, Libia, Montenegro, **Marruecos**, Serbia, Túnez y Ucrania.

Por no encontrar la normativa de baja tensión de marruecos, podemos utilizar la normativa española para calcular el dimensionamiento de los conductores.

La instalación debe cumplir una serie de normas establecidas a nivel nacional e internacional para que su funcionamiento sea correcto y este en sintonía con las normas que se dictan en la actualidad. Existen unas normativas genéricas a todas las instalaciones eléctricas, reflejadas en el reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT), pero también se deberán cumplir las leyes que reflejan las características que deben tomar las nuevas instalaciones fotovoltaicas.

Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, enuncia, entre sus objetivos, la garantía de suministro y la calidad del mismo al menos coste posible, la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente. Establece los principios de un modelo de mercado basado en la libre competencia e impulsa el desarrollo de las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial. También establece el objetivo de que los recursos renovables cubran el 50% del total de la demanda de energía primaria en el año 2025.

UNE EN 61215:1997 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo”.

UNE EN 61646:1997 “Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo”.

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

ITC-BT-07 Redes subterráneas para distribución en baja tensión.

ITC-BT-08 Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.

ITC-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior.

ITC-BT-10 Previsión de cargas para suministros en baja tensión.

ITC-BT-11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas.

ITC-BT-12 Instalaciones de enlace. Esquemas.

ITC-BT-13 Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.

ITC-BT-18 Instalaciones de puesta a tierra.

ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.

ITC-BT-20 Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.

ITC-BT-21 Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.

ITC-BT-22 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades.

ITC-BT-23 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.

ITC-BT-24 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Para obtener la sección necesaria de los cables que usaremos en nuestra instalación seguiremos las especificaciones que se recogen en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Los criterios en los que se basará la utilización de una sección o de otra son los siguientes:

- El conductor deberá de soportar una corriente máxima admisible superior a la máxima corriente que pueda circular por él.
- La caída de tensión producida en el cable al circular la corriente máxima a través de él ha de ser inferior al valor especificado al valor especificado en el pliego de condiciones técnicas.

Salvo que se especifique lo contrario, utilizaremos conductores unipolares de cobre, con aislamiento de PVC.

Para el cálculo de la caída de tensión máxima se tomarán los valores aconsejados recogidos por el IDAE en el pliego de condiciones técnicas.

La sección del conductor, por lo tanto, se dimensionará teniendo en cuenta estos 1 criterios.

Colocaremos a la salida un fusible ajustado a un valor de 1,3 veces la corriente nominal con el fin de que no circule corriente proveniente de otros ramales.

9.2. Dimensionado del cableado.

En el cálculo de secciones tomaremos la máxima caída de tensión la que exista entre el generador fotovoltaico y la entrada al inversor, en el caso que se nos presenta será de 1,5% y utilizaremos la siguiente expresión.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc(STC)}}{1,5\% \cdot U_{MPP(STC)} \cdot C} \quad (9.1)$$

Donde:

L	Longitud del cable (m)
I _{cc}	Corriente de cortocircuito del ramal (A)
U _{MPP}	Tensión del ramal (V)
C	Conductividad del cobre (56 m/Ω·mm ²)

A efectos de cálculo tomaremos como longitud del cable, la distancia entre el módulo más alejado del grupo y el inversor.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

A continuación se muestra una tabla de diferentes tipos de conductores con las intensidades admisibles al aire a 40 °C, así como la gama de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial y empotrados en obra.			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared.					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D.							3x PVC			3x XLPE o EPR	
G		Cables unipolares separados mínimo D.									3x PVC		3x XLPE o EPR
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
mm ²													
1,5			11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
2,5			15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
4			20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
6			25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
10			34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
16			45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
25			59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
35				77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
50				94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
70						149	160	171	188	202	224	244	321
95						180	194	207	230	245	271	296	391
120						208	223	240	267	284	314	348	455
150						236	260	276	310	338	363	404	525
185						268	297	317	354	386	415	464	601
240						315	350	374	419	455	490	552	711
300						360	404	423	484	524	565	640	821

Figura 84. Intensidades admisibles (A) al aire 40° C nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento,(REBT).

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Utilizaremos cables unipolares separados un mínimo del diámetro del mismo con aislamiento en PVC (G-9).

La tensión de línea se calcula teniendo en cuenta la tensión de potencia máxima. Si observamos las características del módulo utilizado vemos que su tensión a la potencia máxima es: $U_{MPP} = 32,31 \text{ V}$, con lo que la tensión se obtiene de la expresión:

$$U = 1 \text{ módulo} \cdot 32,31 \text{ V} = 32,31 \text{ V}$$

El grupo consiste en 9 placas en paralelo ya que la tensión es la misma.

$$U_{\text{grupo}} = 32,31 \text{ V}$$

La corriente de cortocircuito máxima, se produce cuando el módulo trabaja a la temperatura máxima (70°C), y se calcula mediante la variación de intensidad respecto a la temperatura:

$$I_{CC(70^\circ\text{C})} = I_{CC(\text{STC})} + (T_{\text{máx}} - 25^\circ\text{C} \cdot \Delta I) \quad (9.2)$$

Donde:

ΔI Variación de intensidad respecto a la temperatura ($\text{A}/^\circ\text{C}$)

Para nuestros módulos, la intensidad de cortocircuito máxima es de $8,88 \text{ A}$ y la variación de la corriente respecto de la temperatura es $0,00306 \text{ A}/^\circ\text{C}$ obteniendo una intensidad de grupo a la temperatura máxima de:

Corriente del grupo a la temperatura máxima de 70°C

$$I_{CC\text{ramal}(70^\circ\text{C})} = 9,017 \text{ A}$$

9.3. Dimensionado del cable principal de corriente continua.

El cableado de la parte de corriente continua debe soportar la corriente máxima producida en el generador fotovoltaico y la caída máxima de tensión admisible.

A efectos de cálculo, se tomará como longitud del cable la distancia desde cada caja de conexionado, ubicada a 3 metros de altura, hasta el regulador correspondiente a cada circuito.

Utilizaremos cables unipolares aislados en tubos en montaje superficial aislados en PVC con 2 conductores (B-5).

La tensión de línea es la misma que la tensión en los ramales, por encontrarse estos en paralelo, mientras que la intensidad de cortocircuito se obtiene al sumar las corrientes procedentes de cada ramal, por lo tanto:

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

$$I_{CC(STC)} = 9 \text{ módulos} \cdot 9,017 \text{ A} = 81,15 \text{ A}$$

Circuito de conexión en paralelo de los módulos fotovoltaicos

$I_{CC(STC)}$	81,15 A
L	2 m
U_{MPP}	32,31 V
ΔU	1.5 %
C	56 m/ \cdot mm ²

Criterio de caída de tensión máxima

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC(STC)}}{1.5\% \cdot U_{MPP(STC)} \cdot C} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 81,15}{1.5\% \cdot 32,31 \cdot 56} = 11,96 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \text{ mm}^2$$

$S = 16 \text{ mm}^2$ capaz de soportar una intensidad máxima de 70 A, ya que los 2 conductores que salen de los paneles, estarán conectado el panel 4 o el panel 5, de esta manera la intensidad que deben soportar los conductores de los paneles será la mitad.

Circuito módulos fotovoltaicos hasta los 2 reguladores.

$I_{CC(STC)}$	81,15 A
L	5 m
U_{MPP}	32,31 V
ΔU	1.5 %
C	56 m/ \cdot mm ²

Criterio de caída de tensión máxima

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC(STC)}}{1.5\% \cdot U_{MPP(STC)} \cdot C} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 81,15}{1.5\% \cdot 32,31 \cdot 56} = 29,90 \text{ mm}^2 \rightarrow 35 \text{ mm}^2$$

$S = 35 \text{ mm}^2$ capaz de soportar una intensidad máxima de 104 A

Circuito regulador hasta las baterías.

En nuestra instalación constan 2 reguladores, por lo que calcularemos la sección de uno de ellos, y tendrán la misma sección los dos porque estarán conectados en paralelo, el regulador puede soportar una intensidad de 81,15 A

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

I _{CC} (STC)	81,15 A
L	2 m
U _{MPP}	32,31 V
ΔU	1,5 %
C	56 m/·mm ²

Criterio de caída de tensión máxima

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC(STC)}}{1.5\% \cdot U_{MPP(STC)} \cdot C} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 81,15}{1.5\% \cdot 32,31 \cdot 56} = 11,96 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \text{ mm}^2$$

$S = 16 \text{ mm}^2$ capaz de soportar una intensidad máxima de 70 A, mayor a la intensidad que puede soportar el regulador que es 60 A, ya que es la sección es válida.

Circuito baterías hasta el inversor

En nuestra instalación consta un 1 inversor con una potencia de 3000 W y 6000 W de pico, y calcularemos la intensidad en el lado de corriente continua.

Esta potencia de pico, la tendremos en cuenta, porque es utilizada en ciertos casos, por ejemplo, en arranque de motores eléctrico.

La potencia será de 6000 W, y la intensidad es de:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{6000 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 250 \text{ A}$$

I _{CC} (STC)	250 A
L	2,5 m
U _{MPP}	24 V
ΔU	1,5 %
C	56 m/·mm ²

Criterio de caída de tensión máxima

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC(STC)}}{1.5\% \cdot U_{MPP(STC)} \cdot C} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 250}{1.5\% \cdot 24 \cdot 56} = 62 \text{ mm}^2 \rightarrow 70 \text{ mm}^2$$

$$S = 70 \text{ mm}^2$$

Circuito aerogenerador AIR X MARINE

Existen 2 aerogeneradores en nuestra instalación ya que haremos los cálculos para el más alejado.

I _{CC} (STC)	20 A
L	10 m
U _{MPP}	24 V
ΔU	1.5 %
C	56 m/ ² mm

Criterio de intensidad máxima

$$I_{max,aero} = \frac{1,3 \cdot I_{CC(STC)}}{F_T} = \frac{1,3 \cdot 20}{1} = 26 \text{ A}$$

S = 6 mm², capaz de soportar una intensidad máxima de 32 A

9.4. Dimensionado del cableado de corriente alterna.

Circuito inversor hasta la vivienda

En nuestra instalación consta un 1 inversor con una potencia de 3000 W y 6000 W de pico, y calcularemos la intensidad en el lado de corriente alterna.

Para el tramo comprendido entre el inversor y el transporte de la red hasta la vivienda, escogeremos las secciones de cable comerciales aplicando las tablas del REBT (ITC-BT-07) para redes subterráneas de distribución, para una terna de cables unipolares aislados en PVC enterrados en canalizaciones entubadas, y aplicándoles un factor de corrección por estar enterrados bajo tubo de 0.8. La temperatura de utilización será de 40 °C con lo que el factor de corrección por temperatura será nuevamente de 1.

Esta potencia de pico, la tendremos en cuenta, porque es utilizada en ciertos casos, por ejemplo, en arranque de motores eléctricos.

La potencia será de 6000 W, y la intensidad es de:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos(\Phi)} = \frac{6000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 26,08 \text{ A}$$

I _{CC} (STC)	26,08 A
L	15 m
U _{MPP}	230 V
ΔU	1,5 %
C	56 m/mm ²

Criterio de caída de tensión máxima

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC(STC)}}{1.5\% \cdot U_{MPP(STC)} \cdot C} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 26,08}{1.5\% \cdot 230 \cdot 56} = 4,04 \text{ mm}^2 \rightarrow 6 \text{ mm}^2$$

$$S = 6 \text{ mm}^2$$

9.5. Dimensionado de las protecciones.

9.5.1. Protecciones de corriente continua.

Fusibles

Para proteger los ramales contra cortocircuitos y sobrecargas se utilizarán dos fusibles por ramal de tipo gG, ubicados en las cajas de conexiones y ajustados a un valor de corte del orden de 1,3 veces la corriente máxima que puede circular por el ramal.

$$\text{Nº fusibles: } 1 \text{ fusibles} \cdot 1 \text{ grupo} = 1 \text{ fusibles por grupo} \quad (9.3)$$

$$\text{Intensidad máxima } I_{\text{máx}} = 1,3 \cdot I_{CC} = 1,3 \cdot 9,017 = 81,15 \text{ A} \quad (9.4)$$

$$\text{Tensión nominal } U_n = 32,31 \text{ V}$$

El calibre del fusible debe cumplir:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (9.5)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (9.6)$$

Donde:

- I_B es la intensidad nominal de la carga.
- I_N es la intensidad nominal del dispositivo de protección.
- I_Z es la máxima intensidad admitida por el cable.
- I₂ es la intensidad convencional de corte del fusible

Para un fusible tipo gG:

$$I_2 = 1,6 \cdot I_n \quad (9.7)$$

Por lo tanto el fusible debe cumplir los siguientes parámetros:

$$I_B = 81,15 \text{ A}$$

$$I_2 = 129,84 \text{ A}$$

$$81,15 \leq I_n \leq 129,84$$

De acuerdo a estos parámetros se instalarán fusibles tipo gG de valores nominales mínimo de 100 A - 250V que cumplen la condición:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \rightarrow 1,6 \cdot 100 \leq 1,45 \cdot 129,84 \rightarrow 160 \leq 188,26 \text{ A}$$

Interruptor – seccionador de corriente continua

Se instalarán interruptores que tengan capacidad para establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de carga y un determinado tiempo de cortocircuito.

Por lo tanto deben soportar:

$$I_n = 81,15 \text{ A} \rightarrow 100 \text{ A}$$

$$U_n = 32,31 \text{ V} \rightarrow 250 \text{ V}$$

Interruptor aerogenerador AIR X MARINE

Con el aerogenerador AIR X MARINE, viene acompañado un interruptor de 50 A, por lo que no es necesario hacer ningún cálculo.

9.5.2. Protecciones de corriente alterna.

Interruptores magnetotérmicos

Se instalará como elemento de corte y protección contra cortocircuitos y sobrecargas un interruptor magnetotérmico para la línea, a la salida del inversor.

$$\text{Intensidad nominal de línea: } I_b = 16 \cdot 1 \text{ inversores} = 16 \text{ A}$$

$$\text{Intensidad admisible por los conductores: } I_z = 27 \cdot 0.8 = 21,6 \text{ A}$$

$$\text{Tensión nominal: } U_n = 474,6 \text{ V}$$

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Sus características para proteger frente a sobrecargas son:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Por lo tanto el interruptor debe de cumplir los siguientes parámetros:

$$16 \leq I_n \leq 21,6 \text{ A}$$

10. Obra civil.

Calculado ya el número de módulos a instalar (9) y la distancia mínima entre filas y columnas de paneles (1,50 m), se procederá al cálculo del espacio necesario para la instalación de las placas fotovoltaicas.

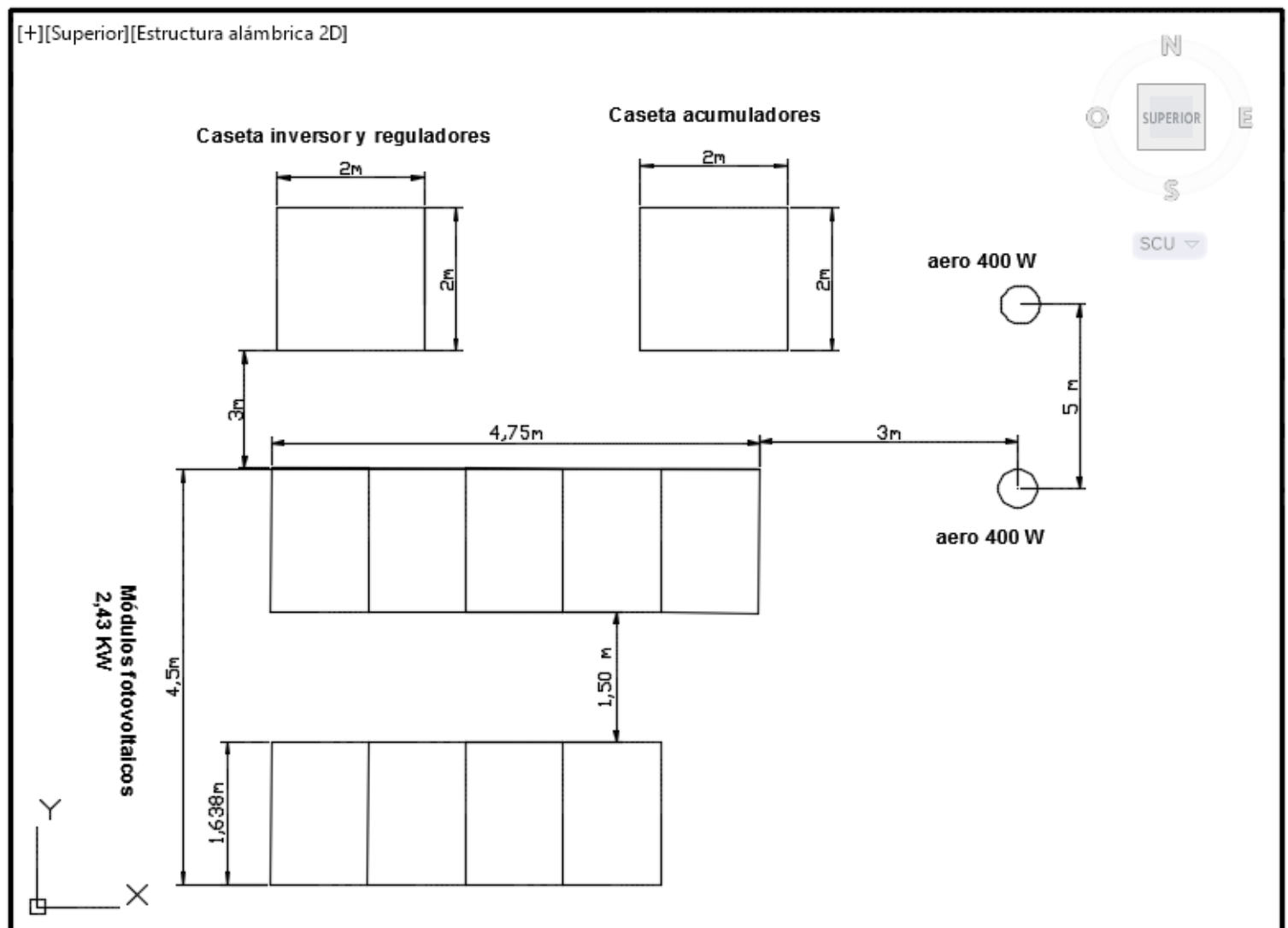


Figura 85. Vista esquemática de la distribución de las placas fotovoltaicas y los aerogeneradores donde se muestran las distancias utilizadas en la expresión siguiente.escala1/1000.

Longitud de las placas fotovoltaicas

$$A = (N_p \cdot d_m) d_{c1} + d_{c2} + (L_{mod} \cdot N_p) \quad (10.1)$$
$$A = (N_p \cdot d_m) d_{c1} + d_{c2} + (L_{mod} \cdot N_p) = 4,5 + 3 + 2 = 9,5 \text{ m}$$

Dónde :

N_p : Número de paneles en paralelo.

d_m : Distancia entre módulos.

d_{aero} : Distancia entre el aerogenerador y las placas solares.

L_{mod} : Longitud módulo en inclinación.

d_{c1} : Distancia entre la caseta del inversor y los paneles.

d_{c2} : Anchura de la caseta de los acumuladores.

Anchura de la huerta

$$B = D_{aero} + D_{solar} = 4,75 + 3 = 7,75 \text{ m} \quad (10.2)$$

Donde :

D_{solar} : es la anchura total de los módulos.

La superficie de la huerta será:

$$S = A \cdot B = 9,5 \cdot 7,75 = 73,62 \text{ m}^2 \quad (10.3)$$

La superficie ocupada por los acumuladores en la caseta.

Modelo del acumulador: Powersafe Solar TYS10 10OPzS1000

Son 12 acumuladores instalados.

Dimensiones:

Ancho: 233 mm

Longitud: 210 mm

Altura: 687 mm

$$S = 12 \cdot (\text{ancho} \times \text{longitud}) = 12 \cdot (0,233 \text{ m} \cdot 0,210 \text{ m}) = 0,587 \text{ m}^2$$

10.1. Descripción de la zona.

La instalación a realizar está compuesta de paneles fotovoltaicos orientados al sur con un ángulo de 33° respecto al plano terrestre. La instalación de los paneles se realizarán encima del techo de la vivienda, y los aerogeneradores estarán empotrados en la pared de la vivienda con una torre de 6 m de altura sin incluir la altura de la pared, la caseta del inversor y la de los acumuladores están ubicadas en el patio de la vivienda.

La instalación se realizará en una zona libre de sombras y estará a una distancia prudencial de árboles o los mismos módulos que puedan causar sombras, manteniendo las distancias óptimas entre filas de paneles fotovoltaicos.

La zona de los aerogeneradores no causaría sombras en la instalación debido a la orientación y el posicionamiento de los paneles fotovoltaicos, quedando los aerogeneradores a la espalda de éstos, tal y como se puede ver en la figura 81.



Figura 86. Localización de la instalación eólica-fotovoltaica.

Como estamos viendo en la figura 82, la superficie indicada para la instalación es suficiente ya que tiene una $(21 \times 10)m^2$.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

La obra de las 2 casetas (inversores y acumuladores) será de cementación.

Los muros serán de ladrillo, encofrado y hormigonado de pilares.

11. Presupuesto de la Instalación.

Tabla 37. Presupuesto de la instalación

Concepto	U.O	longitud	Precio	Cantidad	Total
Placas fotovoltaicas	u.d		261,65	9	2353,91
Kit estructura soporte aluminio superficie plana	u.d	45	18,12		815,40
acumuladores	u.d		291,66	12	3500
inversor Victron Energy	u.d		1200	1	1200
Aerogenerador	u.d		650	2	1300
Regulador SunStar SS-60C	u.d		279	2	558
Conductor unipolar 16 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV marrón	m	4	2,45		9,80
Conductor unipolar 16 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV azul	m	4	2,45		9,80
Conductor unipolar 6 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV marrón	m	15	1,07		16,05
Conductor unipolar 6 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV azul	m	15	1,07		16,05
Conductor unipolar 6 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV amarillo/verde	m	15	1,07		16,05
Conductor unipolar 35 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV marrón	m	5	3,86		19,30
Conductor unipolar 35mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV azul	m	5	3,86		19,30
Conductor unipolar 70 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV marrón	m	2,5	9,02		22,55
Conductor unipolar 70 mm2, tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV azul	m	2,5	9,02		22,55

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Tubo corrugado para empotrar de 50 mm	m	15	0,89		13,35
Tubo corrugado para empotrar de 90 mm	m	2,5	1,79		4,47
Tubo corrugado para empotrar de 63 mm	m	9	1,08		9,72
Manguera GC RV 0,6/1KV FLEXIBLE PVC 2 X 6mm.	m	20	2,14		42,80
Interruptor de paro del aerogenerador AIR X MARINE	u.d	2	49,00		98,00
Fusibles de cuchillas de 100 A Gg	u.d	1	4,61		4,61
Interruptor .seccionador. 100A 1000VDC DIN	u.d	1	116,4		116,4
interruptor magneto térmico	u.d	1	12,09		12,09
Diferencial 4P 30 mA, SCHNEIDER de 40A	u.d	1	97,43		97,43
Total del material de construcción de la caseta de los acumuladores, inversores.					100
subtotal					10377,43

Tabla 38.Presupuesto de ejecución de contrata

Presupuesto de ejecución de contrata		
Presupuesto de ejecución material		10377,43€
Mano de obra		1336,4 €
Beneficio del contratista 6 %		622,64 €
	Total	12336,47€
	IVA 21 %	2590,65 €
	Total	14927,12 €

Tabla 39 .Presupuesto total

Presupuesto total	
Presupuesto de ejecución de contrata	14927,12 €
Licencias	103,35 €
Notario	51,75 €
Honorarios dirección de obra	127,64 €
Vehículo eléctrico	12995,00
Total	28204,86€

12. Bibliografía.

- [1] Falk,A.; Christian,D. *Fotovoltaica para Profesionales*. Primera edición Sevilla: PROGENSA, 2006. ISBN 84-95693-35-6
- [2] Jonson,G. *Wind Energy Systems*, Library of Congress, Prentice Hall 1985, ISBN 0-13-957754-8
- [3] Centro de estudios de la energía solar, *Instalaciones de energía solar*. Cuarta edición: PROGENSA, 1997 ISBN 84-86505-29-1
- [4] J. De Juana *Energías renovables para el desarrollo*: Thomson Paraninfo 2003, ISBN 84-283-2864-1
- [5] https://autosolar.es/inversores/inversor-cargador/inversor-cargador-victron-energia-solar-24v-3000w-70-16a_precio
- [6]<http://renovablesdelsur.es/detalle/aerogeneradores/aerogeneradores24v/aerogenerador-air-x-marine-400-24v/398/398>
- [7] <http://www.atersa.com/img/2014107115757.pdf>
- [8] <https://generador-electrico.com/tienda/es/acumuladores/769-ecosafe-solar-tys10-10opzs1000-es.html>
- [9] <http://maps.google.com/>
- [10] <http://es.wikipedia.org/>
- [11] <https://generador-electrico.com/tienda/es/con-display/1105-sunstar-ss-60c.html>
- [12] www.solarpedia.es
- [13] <http://www.energiaslimpias.org>
- [14] <http://www.ise.fraunhofer.de/en>
- [15] <http://www.ise.fraunhofer.de/en>
- [16] <http://www.isofoton.com>
- [14] <http://www.ree.es>
- [17] www.cener.com
- [18] <http://atlaseolico.idae.es>
- [19] <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/Radiacion/radiacion1.php>
- [20] Power System Engineering. Planning, Design, and Operation of Power Systems and Equipment.
- [21] J. Schlabbach and K. Rofalski. Ed: Wiley-VCH - 2008 ISBN: 978-3-527-40759-0
- [22] <http://www.virtual.unal.edu.co/unvPortal/index.do>
- [23] <http://www.sitiosolar.com/>
- [24] <http://www.euei.net/links/photovoltaic-geographical-information-system-interactive-maps>.
- [25] <http://sustainable-tech.inf.um.es/informacion.html>
- [26] Renewable Energy in China, Brightness Rural Electrification Program, *NREL*
- [27] <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/caracterizacion-y-evaluacion-de-la-radiacion-solar/tablas-radiacion>
- [28] <http://es.climate-data.org/location/3569/>
- [29] <http://cocheseco.com/reva-lhd-deluxe-l-ion-plan-movele/#>
- [30] <http://www.electromaps.com/coches-electricos/mahindra-reva/REVAi>
- [31] http://es.windfinder.com/windstatistics/melilla_aeropuerto
- [32] <http://es.wikipedia.org/wiki/CENELEC>
- [26] <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/caracterizacion-y-evaluacion-de-la-radiacion-solar/tablas-radiacion>

13 . Anexos.

13.1. Catálogos.

13.1.1. Modulo fotovotaico.



Módulo solar fotovoltaico

A-xxxM GSE (250/255/260/265/270 W)

- ➔ **Optimice sus instalaciones.**
- ➔ **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- ➔ **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- ➔ Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- ➔ **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- ➔ **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento.



Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

A-xxxM GSE (xxx = potencia nominal)					
Características eléctricas					
Potencia Máxima (Pmax)	250 W	255 W	260 W	265 W	270 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	31.31 V	31.57 V	31.80 V	32.08 V	32.31 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	7.99 A	8.08 A	8.18	8.27 A	8.36 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	38.03 V	38.32 V	38.61	38.86 V	39.12 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8.52 A	8.60 A	8.69	8.79 A	8.88 A
Eficiencia del Módulo (%)	15.34	15.65	15.95	16.26	16.57
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema	DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL)				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	46±2				
Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).					

Especificaciones mecánicas	
Dimensiones (± 2.0 mm.)	1638x995x40 mm.
Peso	18.7 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

Materiales de construcción	
Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/Monocristalina/156 x 156 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP65/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Connector	1000 mm./4 mm²/Compatible MC4

Especificaciones mecánicas	
Dimensiones (± 2.0 mm.)	1638x995x40 mm.
Peso	18.7 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

Materiales de construcción	
Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/Monocristalina/156 x 156 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP65/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Connector	1000 mm./4 mm²/Compatible MC4

Vista genérica construcción módulo

El dibujo no está a escala

Características de temperatura

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.09% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.32% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.41% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

Embalaje

Módulos/palé	26 pzas
Palés/contenedor 40'	28 pzas
Módulos/contenedor 40'	728 pzas

Temperatura Varía (A-250M GSE)

Irradiación Varía

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

Sistema de Instalación de Carriles MQ

Ancho de trama, L (cm)	MD-21		MD-31		MD-41		MD-41S		MD-42		MD-72		MD-21D		MD-41D		MD-42-72D		MD-424D	
	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)	F (N)	f (mm)
	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200	max.	L/200
25	2.53	<1	4.68	<1	7.08	<1	9.78	0.2	12.36	<1	21.75	<1	3.00	<1	6.00	<1	11.20	<1	78.33	<1
50	1.27	1.7	2.35	1.1	3.66	<1	4.90	0.9	6.20	<1	10.92	<1	3.00	<1	6.00	<1	11.20	<1	39.31	<1
75	0.82	3.8	1.56	2.5	2.37	1.9	3.26	2.0	4.13	1.5	7.27	1.1	2.42	2.0	6.00	<1	11.20	<1	26.21	<1
100	0.45	5.0	1.17	4.5	1.77	3.3	2.44	3.5	3.09	2.7	5.45	1.9	1.81	3.6	5.19	1.7	11.20	<1	19.64	1.0
125	0.28	6.3	0.82	6.3	1.41	5.2	1.95	5.4	2.47	4.2	4.35	3.0	1.44	5.7	4.14	2.6	10.39	1.8	15.69	1.6
150	0.19	7.5	0.57	7.5	1.17	7.4	1.54	7.5	2.05	6.1	3.62	4.3	1.09	7.5	3.44	3.8	8.65	2.5	13.05	2.3
175	0.14	8.8	0.41	8.8	0.86	8.8	1.12	8.8	1.75	8.3	3.09	5.8	0.79	8.8	2.94	5.2	7.39	3.4	11.17	3.2
200	0.10	10.0	0.31	10.0	0.65	10.0	0.85	10.0	1.40	10.0	2.69	7.6	0.59	10.0	2.56	6.8	6.45	4.5	9.75	4.2
225	0.07	11.3	0.23	11.3	0.51	11.3	0.66	11.3	1.09	11.3	2.39	9.6	0.46	11.3	2.27	8.6	5.72	5.7	8.64	5.3
275	0.05	12.5	0.18	12.5	0.40	12.5	0.52	12.5	0.87	12.5	2.14	11.9	0.36	12.5	2.03	10.6	5.13	7.0	7.75	6.5
300	0.04	13.8	0.14	13.8	0.32	13.8	0.42	13.8	0.71	13.8	1.84	13.8	0.28	13.8	1.84	12.8	4.65	8.5	7.03	7.9

13.1.3. Inversor VICTRON ENERGY



Inversor/cargador MultiPlus

800VA – 5kVA Compatible con baterías de Litio-Ion

www.victronenergy.com



**MultiPlus
24/3000/70**

Multi funcional, con gestión de potencia inteligente

El MultiPlus reúne, en una sola carcasa compacta, un potente inversor sinusoidal, un sofisticado cargador de baterías con tecnología adaptable y un conmutador de transferencia de CA de alta velocidad. Además de estas funciones principales, el MultiPlus dispone de varias características avanzadas, tal y como se describe más abajo.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función “no-break” (sin interrupción). El MultiPlus se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápido (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando a una de las entradas del MultiPlus le llega alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo (segunda salida disponible sólo en los modelos con conmutador de transferencia de 50A).

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000/120, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 720 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una potencia de salida de 75 kW / 90 kVA y más de 2000 amperios de capacidad de carga.

PowerControl – Potencia limitada del generador, del pantalán o de la red

El Multi es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (casi 10 A por cada Multi de 5kVA a 230 VCA). En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la red del pantalán.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica del pantalán o del generador

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Permite que el MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente del pantalán o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Cargador variable de cuatro etapas y carga de bancadas de baterías dobles

La salida principal proporciona una potente carga al sistema de baterías por medio de un avanzado software de “carga variable”. El software ajusta con precisión el proceso automático de tres etapas adaptándose a las condiciones de la batería y añade una cuarta etapa para prolongados periodos de carga lenta. El proceso de carga variable se describe con más detalle en la hoja de datos del Phoenix Charger y en nuestro sitio web, en el apartado “Información Técnica”. Además de lo anterior, el MultiPlus puede cargar una segunda batería utilizando una salida de carga limitada independiente, pensada para cargar una batería de arranque del motor principal o del generador (dicha salida disponible únicamente en los modelos de 12V y 24V).

La configuración del sistema no puede ser más sencilla

Una vez instalado, el MultiPlus está listo para funcionar.

Si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un nuevo procedimiento de configuración del conmutador DIP. Con los conmutadores DIP se puede incluso programar el funcionamiento en paralelo y el trifásico: ¡sin necesidad de ordenador!

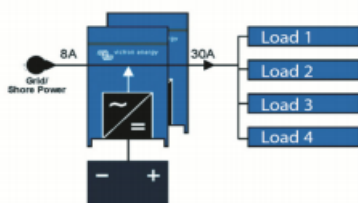
También se puede utilizar un VE.Net en vez de los conmutadores DIP.

Y hay disponible un sofisticado software (VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator) para configurar varias nuevas y avanzadas características.

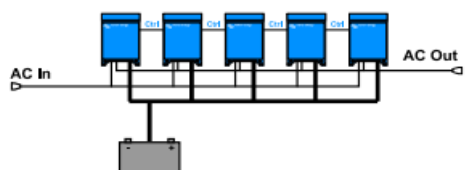


**MultiPlus Compact
12/2000/80**

PowerAssist con 2 MultiPlus en paralelo



Cinco unidades en paralelo: potencia de salida 25 kVA



Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/35 C 24/800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PowerAssist		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Conmutador de transferencia (A)		16	16	16	30	16 ó 50	100
Funcionamiento en paralelo y en trifásico		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
INVERSOR							
Rango de tensión de entrada (V CC)		9,5 – 17 V		19 – 33 V	38 – 66 V		
Salida		Tensión de salida: 230 VAC ± 2%			Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Potencia cont. de salida a 25 °C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potencia cont. de salida a 25 °C (W)	700	1000	1300	1600	2500	4500	
Potencia cont. de salida a 40 °C (W)	650	900	1200	1450	2200	4000	
Pico de potencia (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10.000	
Eficacia máxima (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95	
Consumo en vacío (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25	
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20	
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6	
CARGADOR							
Entrada CA		Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA		Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz		Factor de potencia: 1	
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)		14,4 / 28,8 / 57,6					
Tensión de carga de flotación (V CC)		13,8 / 27,6 / 55,2					
Modo de almacenamiento (V CC)		13,2 / 26,4 / 52,8					
Corriente de carga batería casa (A) (4)	35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Corriente de carga batería de arranque (A)		4 (solo modelos de 12 y 24V)					
Sensor de temperatura de la batería		sí					
GENERAL							
Salida auxiliar (A) (5)	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Sí (16A)	Sí (25A)	
Relé programable (6)		Sí					
Protección (2)		a - g					
Puerto de comunicacion VE.Bus		Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema					
Puerto com. de uso general (7)	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Sí (8)	Sí	
Remote on-off		Sí					
Características comunes		Temperatura de funcionamiento: -20 a + 50°C (refrigerado por aire) Humedad (sin condensación) : máx. 95%					
CARCASA							
Características comunes		Material y color: aluminio (azul RAL 5012)			Categoría de protección: IP 21		
Conexiones de la batería		cables de batería de 1,5 metros			Pernos M8	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)	
Conexión 230 V CA		Conector G-ST18i			Abrazadera de resorte	Bornes de tornillo de 13 mm.² (6 AWG)	
Peso (kg)	10	10	10	12	18	30	
Dimensiones (al x an x p en mm.)		375x214x110			520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS							

13.1.4. Regulador Sun Star SS-60C



Cargador solar / Controlador de Carga CC



Características

- Proceso de carga estado sólido con modulación por ancho de pulsos (PWM, de pulse-with modulation), control de 4-etapas, compensación de temperatura, ecualización manual o automática para maximizar el rendimiento del sistema y aumentar el tiempo de vida de la batería.
- Tres modos de operación programables: como cargador solar, como controlador de carga de derivación, o como controlador de carga de CC
- Protección contra sobrecarga eléctrica y cortocircuito con capacidad de reinicio manual y automático para aumentar la fiabilidad de circuitos no atendidos eliminando fusibles quemados y cortacircuitos o disyuntores.
- Pantalla de cristal líquido (LCD) con mensajes de modo/estado fáciles de leer para los modelos SS-45C y SS-60C
- Con interruptor DIP de ocho posiciones para configurar el controlador para el uso previsto. Todas las funciones principales pueden ser configuradas con interruptores DIP
- Para sistemas de 12, 24, 48 voltios, y 30,40 o 60 amperes
- Ocho programas estándares de carga seleccionables con interruptores DIP
- Indicaciones por LED y botones de contacto
- Conexión paralela para los modelos SS-45C y SS-60C (hasta 10 juegos)
- Panel remoto con pantalla de cristal líquido (LCD) opcional para facilitar la operación a distancia.

Especificaciones

MODELO	SS-30C	SS-45C	SS-60C
ELECTRICAS			
Índices de sistemas de tensión	12,24,48 VCC		
Índices de corriente – Controlador de carga de baterías	30A	45A	60A
Índices de corriente – Controlador de carga CC	30A	45A	60A
Índices de corriente – Controlador de carga de derivación	30A Carga de derivación	45A Carga de derivación	60A Carga de derivación
Precisión	12/24V: $\leq 0.1\% \pm 50\text{mV}$ 48V: $\leq 0.1\% \pm 100\text{mV}$		
Tensión mínima para operar	9V		
Tensión máx. del circuito abierto del campo FV (Voc)	140V		
Máx. tensión de operación	68V		
Consumo total de corriente	Durante operación: -25mA, en reposo: -3mA		
Desconexión por sobrecalentamiento	90°C Desconexión del controlador solar 90°C Desconexión de controlador de carga CC/derivación 70°C Recon. del controlador solar/carga CC/carga de deriv.		
Protección contra picos de tensión			
Potencia de pulso	4500Watts		
Respuesta	<5 nanosegundos.		

Carga de batería / BTS			
Algoritmo de carga	PWM (modulación por ancho de pulso) tensión constante		
Coefficiente de compensación de temperatura	-5mV/°C/celda(25°Cref)		
Rango de comp. de temperatura	0°C a +50°C		
Comp. de temperatura	PWM, flotación, ecualización (con BTS opcional)		
MECANICAS			
Dimensiones (mm)	Al:65/An:236 /P:35	Al:266/An:127/P:75	
Peso	0.8Kg	1.5Kg	
Terminales de potencia	30A	45A	60A
Terminales de sensor de temperaturas BTS			
Tamaño de cables	1.0 a 0.25 mm2 / 16 a 24 AWG		
Torque	0.4 Nm / 3.5 en-lb		
AMBIENTALES			
Temperatura de ambiente	-40 a +50°C		
Temperatura de almacenaje	-55 a +85°C		
Humedad	100% (sin condensación)		
Montaje	En interiores y ventilado, (powder coated steel)		

13.1.5. Acumuladores estacionarias Powersafe Solar TYS10 100PzS1000.



PowerSafe® TS

La gama PowerSafe® TS ofrece una solución de alto rendimiento y larga vida útil para aplicaciones de energía renovable.

Las celdas PowerSafe® TS se basan en una tecnología convencional, ventilada y diseñada para aplicaciones de energía renovable que requieren la máxima duración con el mayor nivel de fiabilidad, y son especialmente adecuadas para uso en instalaciones de energía solar, garantizando un suministro eléctrico continuo durante las horas de oscuridad o periodos con menos luz solar.

El mantenimiento puede reducirse utilizando electrolitos adicionales, lo que significa que las celdas sólo se rellenan una vez al año. Esto ayuda a mantener bajos los costes de mantenimiento y las convierte en una solución ideal para muchos lugares remotos o automatizados.

Las placas positivas tubulares se usan ampliamente en baterías para aplicaciones especialmente exigentes. En la gama TS, las placas se han optimizado para ofrecer una duración más amplia y una mayor capacidad.

Ventajas principales

- Capacidades de 300 a 4580Ah en régimen de 120 horas (C120)
- Productos disponibles en versiones con carga llena o seca
- 5200 ciclos de funcionamiento hasta que la batería se descargue un 25%
- Rellenado requerido una vez al año
- Mínimo mantenimiento requerido
- Excelente seguridad de funcionamiento: conectores y terminales totalmente aislados, tapón de bloqueo de llama a prueba de ácido para cada celda, protección de polaridades durante el transporte



Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable, para aprovechar la generación.

Especificaciones generales			Capacidad nominal (Ah)		Dimensiones nominales													
Tipo	Tensión nominal (V)	Número de terminales	Régimen de 10h a 1.80Vpc @20°C	Régimen de 120h a 1.85Vpc @25°C	Longitud		Anchura		Altura		Peso típico carga seca		Peso típico carga llena		Volumen de electrolito		Corriente de cortocircuito (A)	Resistencia interna (mΩ)
					mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg	lbs	kg	lbs	litros	US Gal		
TLS 4	2	2	220	300	103	4.06	206	8.12	389	15.33	13.0	28.6	18.0	39.8	3.9	1.0	2059	1.02
TLS 5	2	2	270	367	124	4.89	206	8.12	389	15.33	15.5	34.2	21.9	48.2	4.9	1.3	2625	0.8
TLS 6	2	2	323	440	145	5.71	206	8.12	389	15.33	18.1	39.8	25.6	56.5	5.8	1.5	3000	0.7
TVS 4	2	2	340	460	124	4.89	206	8.12	505	19.9	18.4	40.6	27.3	60.3	6.9	1.8	2838	0.74
TVS 5	2	2	390	530	124	4.89	206	8.12	505	19.9	21.5	47.3	30.0	66.2	6.6	1.7	3281	0.64
TVS 6	2	2	470	640	145	5.71	206	8.12	505	19.9	25.1	55.3	35.4	78.0	7.9	2.1	3750	0.56
TVS 7	2	2	550	745	166	6.54	206	8.12	505	19.9	28.7	63.2	40.7	89.7	9.2	2.4	4200	0.5
TYS 5	2	2	590	802	145	5.71	206	8.12	684	26.95	29.8	65.8	44.6	98.3	11.3	3.0	3621	0.58
TYS 6	2	2	670	912	145	5.71	206	8.12	684	26.95	34.0	75.0	48.4	106.7	11.0	2.9	4200	0.5
TYS 7	2	2	816	1120	191	7.53	210	8.27	684	26.95	40.5	89.2	59.6	131.3	14.8	3.9	5147	0.41
TYS 8	2	2	900	1220	191	7.53	210	8.27	684	26.95	44.6	98.4	63.2	139.4	14.5	3.8	5676	0.37
TYS 9	2	2	1040	1415	233	9.18	210	8.27	684	26.95	50.2	110.8	73.9	163.0	18.3	4.8	6625	0.32
TYS 10	2	2	1120	1523	233	9.18	210	8.27	684	26.95	54.4	119.9	77.8	171.6	18.0	4.8	7000	0.3
TYS 11	2	2	1260	1714	275	10.84	210	8.27	684	26.95	60.0	132.2	88.4	194.8	21.9	5.8	8108	0.26
TYS 12	2	2	1340	1825	275	10.84	210	8.27	684	26.95	64.1	141.4	92.3	203.5	21.6	5.7	8824	0.24
TZS 11	2	4	1560	2130	275	10.84	210	8.27	829	32.66	76.5	168.6	112.3	247.6	27.5	7.3	7554	0.28
TZS 12	2	4	1710	2335	275	10.84	210	8.27	829	32.66	81.7	180.0	117.0	257.9	27.1	7.2	8400	0.25
TZS 13	2	6	1940	2640	399	15.72	214	8.43	813	32.03	94.9	209.2	146.6	323.2	39.7	10.5	8936	0.24
TZS 14	2	6	2040	2775	399	15.72	214	8.43	813	32.03	101.8	224.5	153.4	338.2	39.6	10.5	9589	0.22
TZS 15	2	6	2150	2925	399	15.72	214	8.43	813	32.03	105.4	232.4	156.0	343.9	38.9	10.3	10294	0.2
TZS 16	2	6	2240	3050	399	15.72	214	8.43	813	32.03	110.3	243.2	160.9	354.7	38.9	10.3	11053	0.19
TZS 17	2	8	2430	3310	487	19.19	212	8.35	813	32.03	122.0	269.0	182.2	401.6	48.5	12.8	11667	0.18
TZS 18	2	8	2555	3480	487	19.19	212	8.35	813	32.03	127.6	281.3	186.7	411.7	47.8	12.6	12353	0.17
TZS 20	2	8	2800	3810	487	19.19	212	8.35	813	32.03	137.8	303.8	199.8	440.5	47.6	12.6	14000	0.15
TZS 22	2	8	3090	4210	576	22.69	212	8.35	813	32.03	151.9	335.0	223.5	492.7	57.7	15.2	11053	0.14
TZS 24	2	8	3360	4580	576	22.69	212	8.35	813	32.03	162.6	358.4	235.8	519.9	56.3	14.9	16154	0.13

Notas: Los valores eléctricos mostrados en la tabla hacen referencia al rendimiento a plena carga y temperatura ambiente de + 25°C.
La altura mostrada es la altura total, incluidos conectores y recubrimientos

Instalación y funcionamiento

- Rango de temperatura recomendado: 10°C/+50°F a +40°C/+86°F (valor preferido: 25°C/68°F)
- Se puede instalar en racks de acero o madera.

Normas

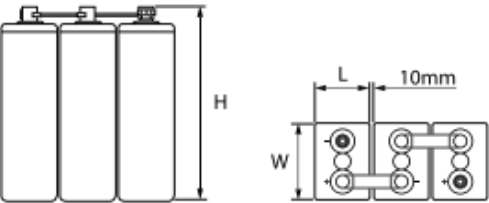
- Conforme con la norma internacional IEC 60896-11
- Conforme con la norma internacional IEC 61427:2005.
- Fabricada en plantas de producción EnerSys® con certificado ISO 9001.

Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable,
para aprovechar la generación.

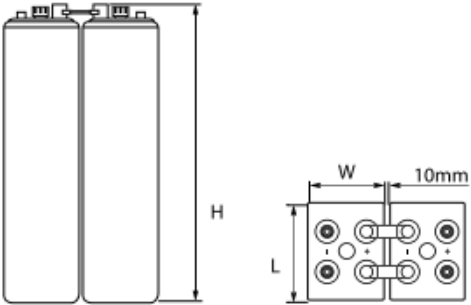
Estructura

Electrodo positivo:	Placa tubular fundida a presión con combinación óptima de plomo-antimonio.
Electrodo negativo:	Placa plana empastada con rejilla de aleación de de plomo-antimonio.
Separadores:	Material microporoso de baja resistencia.
Carcasa:	Moldeada en acrilonitrilo estireno (SAN) duradero y transparente para permitir el control visual del nivel de electrolito y el estado de la celda.
Tapa:	Acabada en acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).
Tapones de ventilación:	Tapones de seguridad equipados con bloqueos de llama. Bajo demanda, existen tapones de ventilación especiales que permiten el relleno y la lectura de la gravedad específica sin necesidad de quitarse.
Electrolito:	Acido sulfúrico diluido con una gravedad específica de $1,240 \pm 0.010$ (nivel máximo) a 25°C para una celda totalmente cargada. La gran reserva de electrolito restringe el relleno a una vez al año.
Terminales:	Polo de aleación de plomo a prueba de fugas con inserto de latón diseñado para ofrecer una resistencia mínima y un flujo de corriente máximo.
Conectores:	Conectores interceldas de cobre resistente y totalmente aislados, los cuales permiten mediciones de tensión.

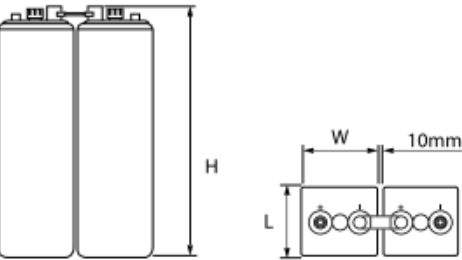
TLS, TVS, TYS 5 - TYS 6



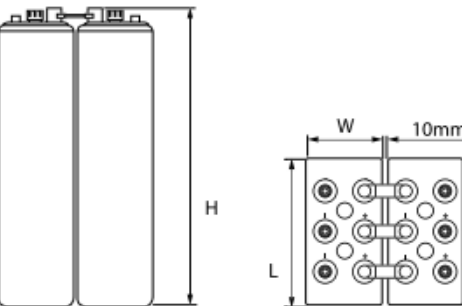
TZS 11, TZS 12



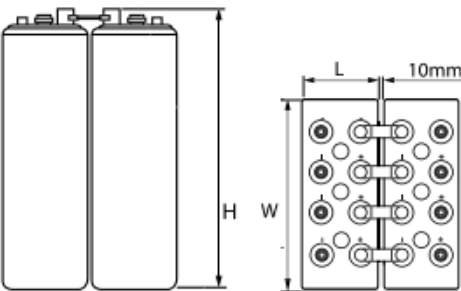
TYS 7 - TYS 12



TZS 13 - TZS 16

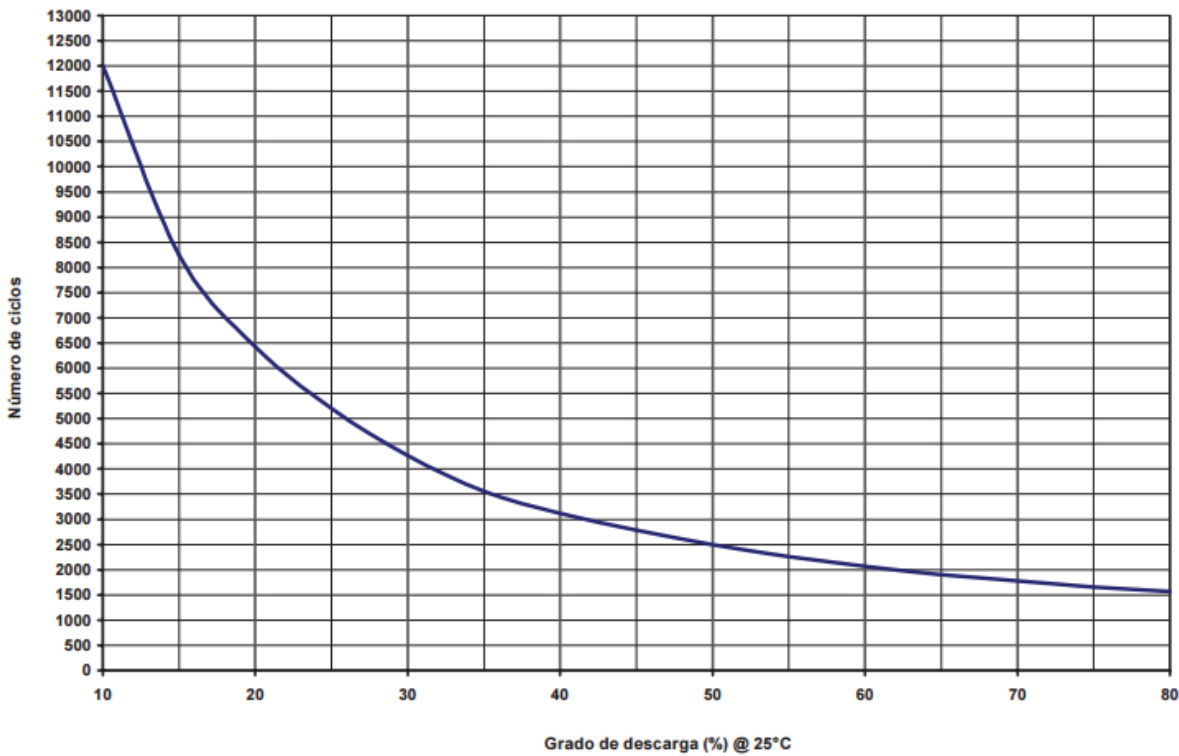


TZS 17 - TZS 24

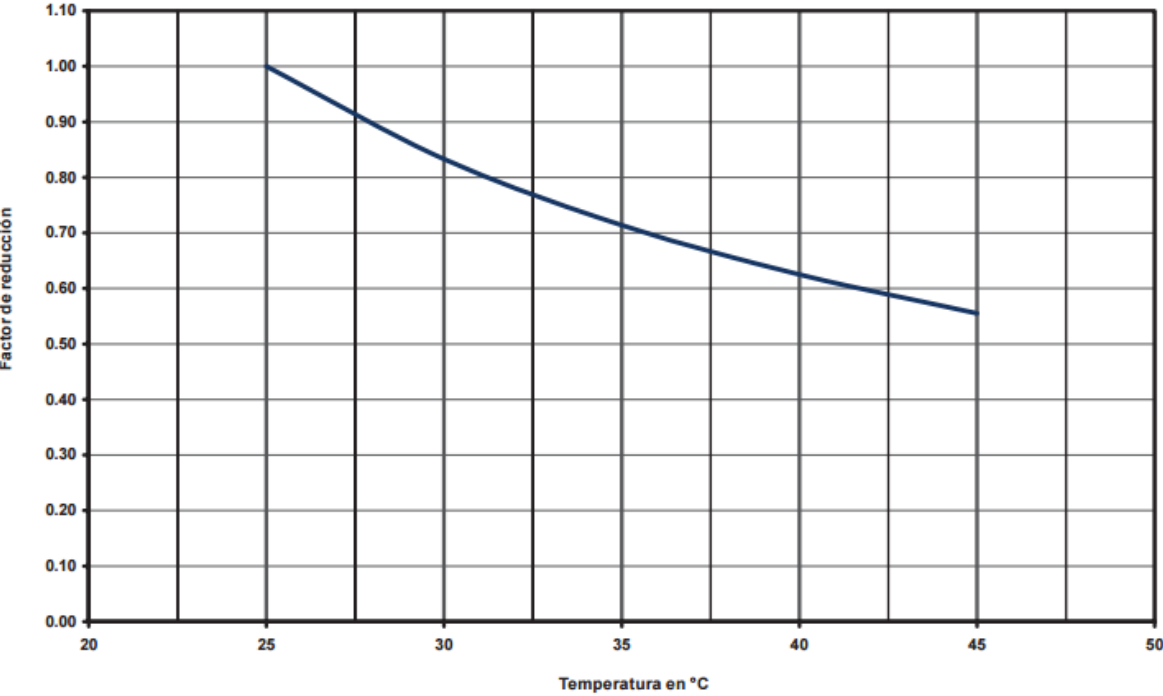


Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energías renovable,
para aprovechar la generación.

PowerSafe® TS - Aplicaciones de energía renovable
Número de ciclos vs grado de descarga (25°C)




Baterías para aplicaciones de energía renovable
Factor de reducción de número de ciclos vs temperatura media de celda




13.1.6. Aerogenerador AIR X 400.

Aerogenerador AIR X Marine

Aerogenerador con controlador de carga



38 kWh
5.85 Kg
1.15 m. Ø



xunzel

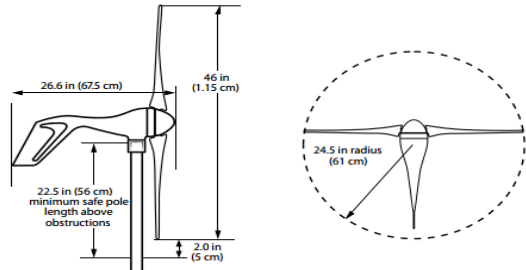
energy generation

Características

- > Generación media mensual [a 5.4 m/s | 19.5 Km/h] 38 kWh
- > Potencia pico [a 12.5 m/s | 45 Km/h] 400 W
- > Diámetro del rotor 1.15 m
- > Peso: 5.85 kg
- > Velocidad viento inicio 3.58 m/s | 12.8 Km/h
- > Velocidad máxima del viento que soporta 49.2 m/s | 177 Km/h
- > Disponible en voltajes de 12, 24 ó 48V
- > Sistema electrónico de protección contra vientos fuertes
- > Aspas de fibra de carbono
- > Controlador de carga integrado
- > Interruptor de paro incluido
- > Batería mínima recomendada 400Ah a 12V [no incluida]

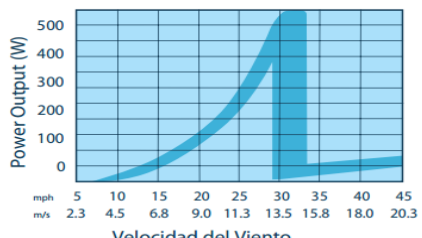
Descripción

La familia de aerogeneradores AIR X, con versiones terrestre y Marine, es la más vendida del mundo y te permite convertir la energía eólica en electricidad fácilmente. Ideal para lugares con potencial de viento, como complemento o alternativa a los sistemas solares para cargar baterías. Materiales de calidad aeronáutica, con cuerpo de aleación de aluminio fundido para una alta resistencia con poco peso y aspas de fibra de carbono. De muy fácil instalación, llevan integrado un controlador de carga para controlar y proteger las baterías. No necesitan mantenimiento, son totalmente resistentes a la intemperie.



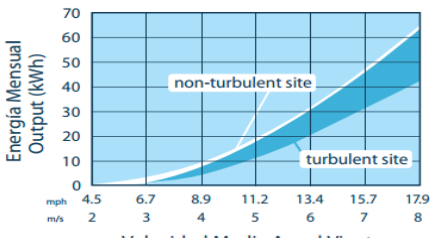
26.6 in (67.5 cm)
46 in (1.15 m)
22.5 in (56 cm) minimum safe pole length above obstructions
2.0 in (5 cm)
24.5 in radius (61 cm)

POTENCIA




Power Output (W)
Velocidad del Viento
mph
m/s

ENERGIA MENSUAL




Energía Mensual Output (kWh)
non-turbulent site
turbulent site
Velocidad Media Anual Viento
mph
m/s

Xunzel se reserva el derecho de modificar sus productos sin previo aviso.



Made in USA
3 YEARS WARRANTY
RoHS
5.85 Kg

Datasheet_EOLSU400MA_ESP | Version 20091025

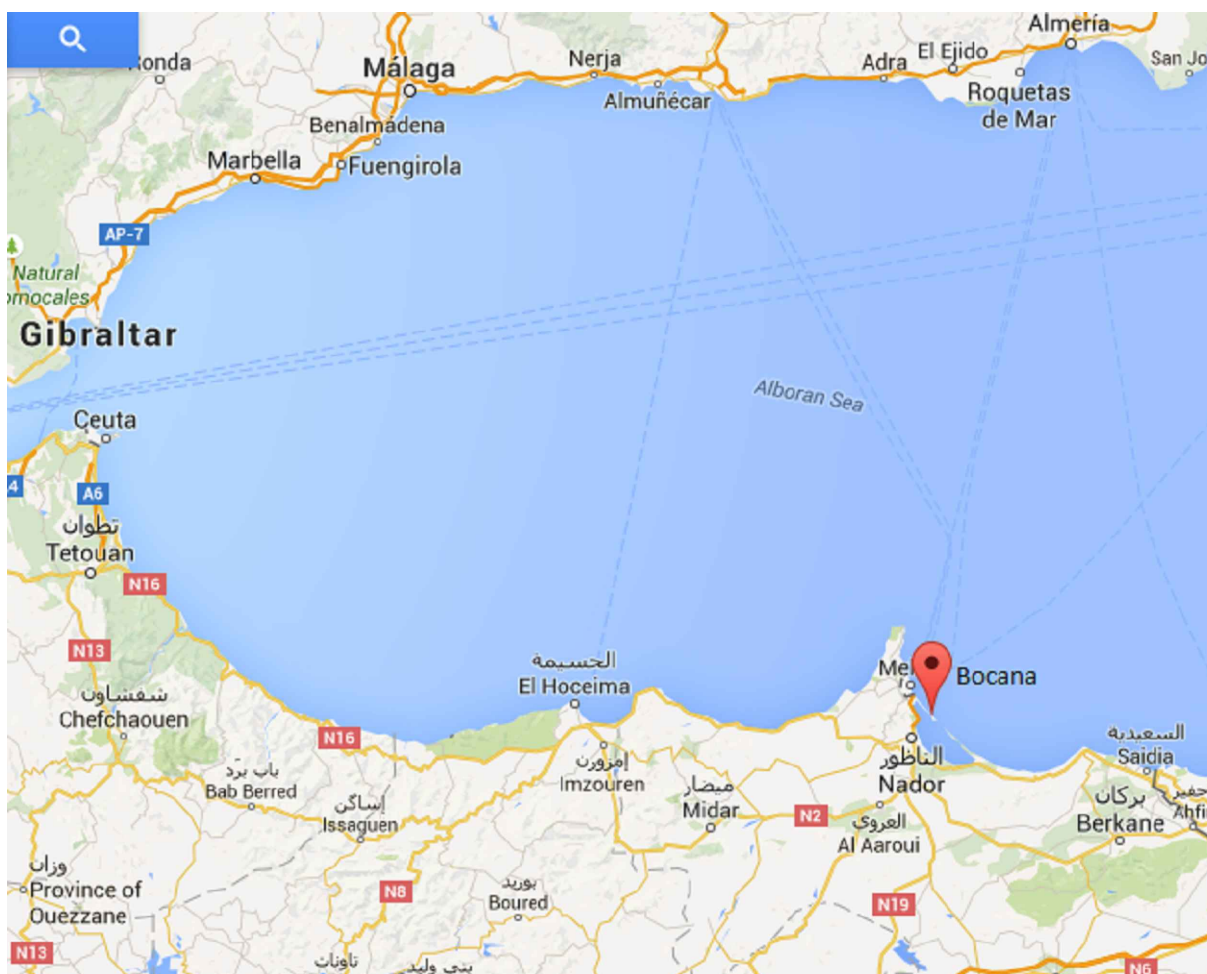



it works!

sportnav


Pol. Ind. El Regas - carrer oficis, 23 08850 Gava (Barcelona) | info@sportnav.com | tel. 902108585

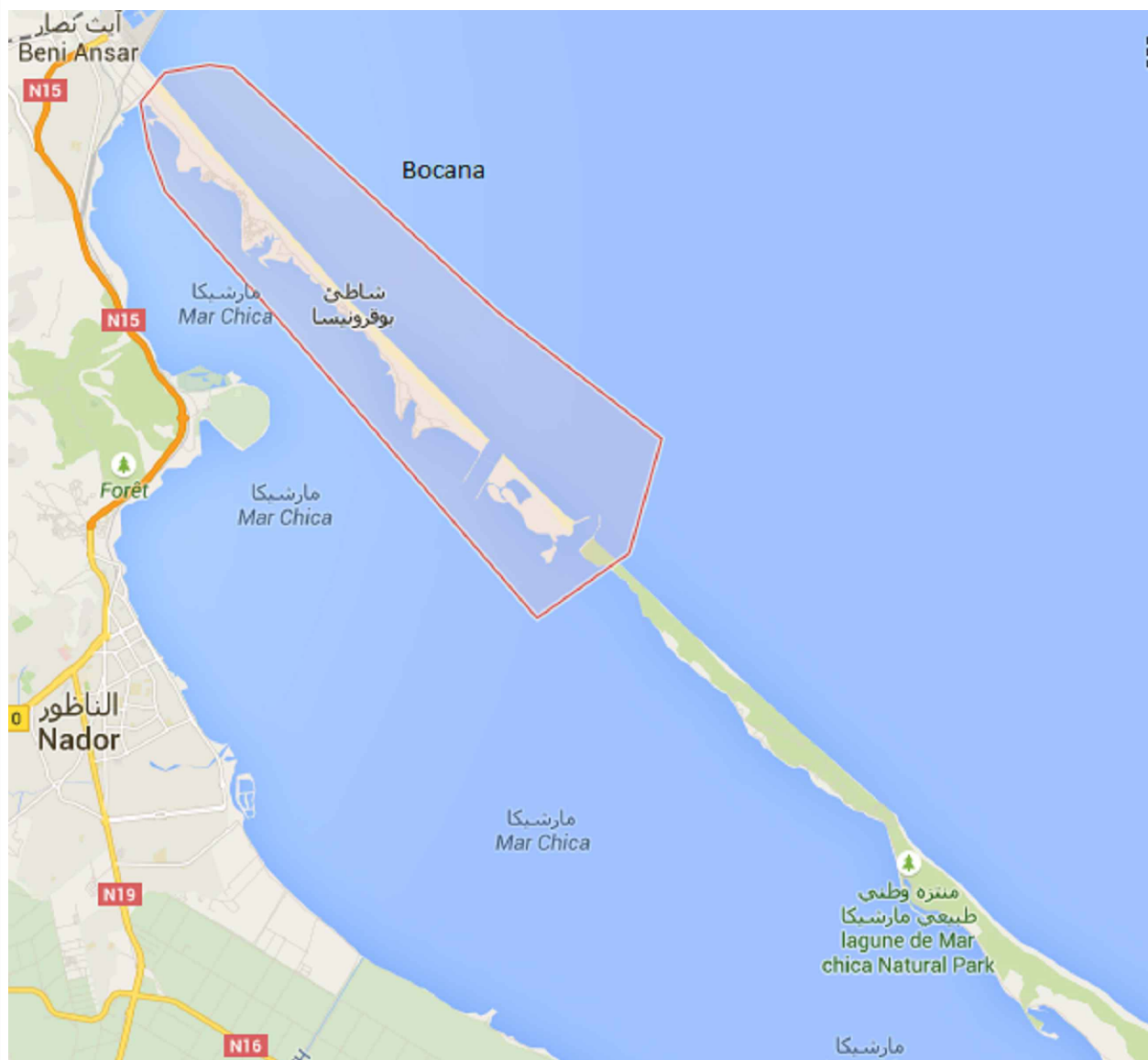
14. Planos.




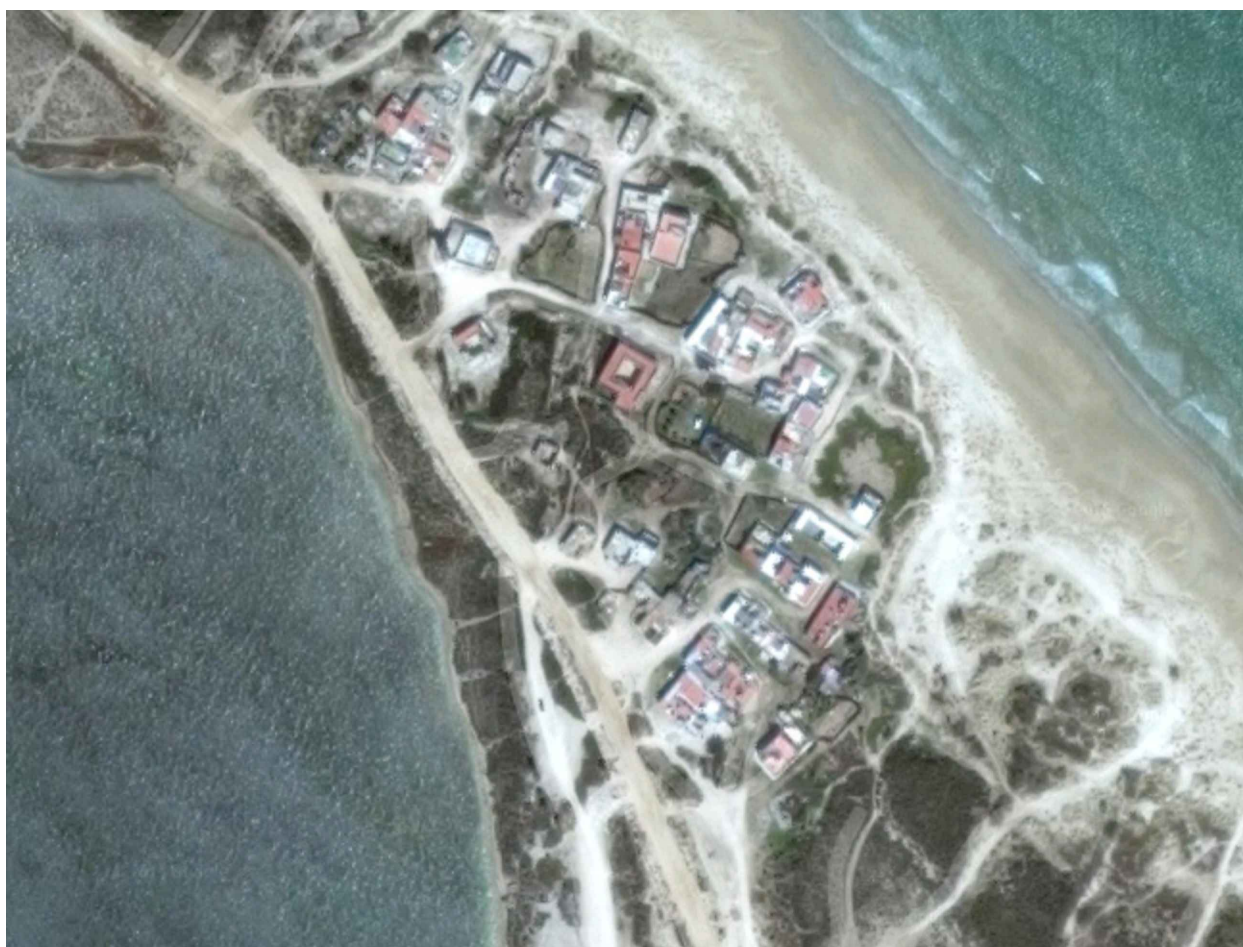
Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM: Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A4	TÍTULO: SITUACIÓN	
Director: Ricard Bosch Tous	Escala: 1:2500000	Fecha: 15/05/2015	Plano nº: 1




Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM` Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A4	TITULO: SITUACIÓN	
Director: Ricard bosch tous	Escala: 1:500000	Fecha:15/05/2015	Plano nº: 2




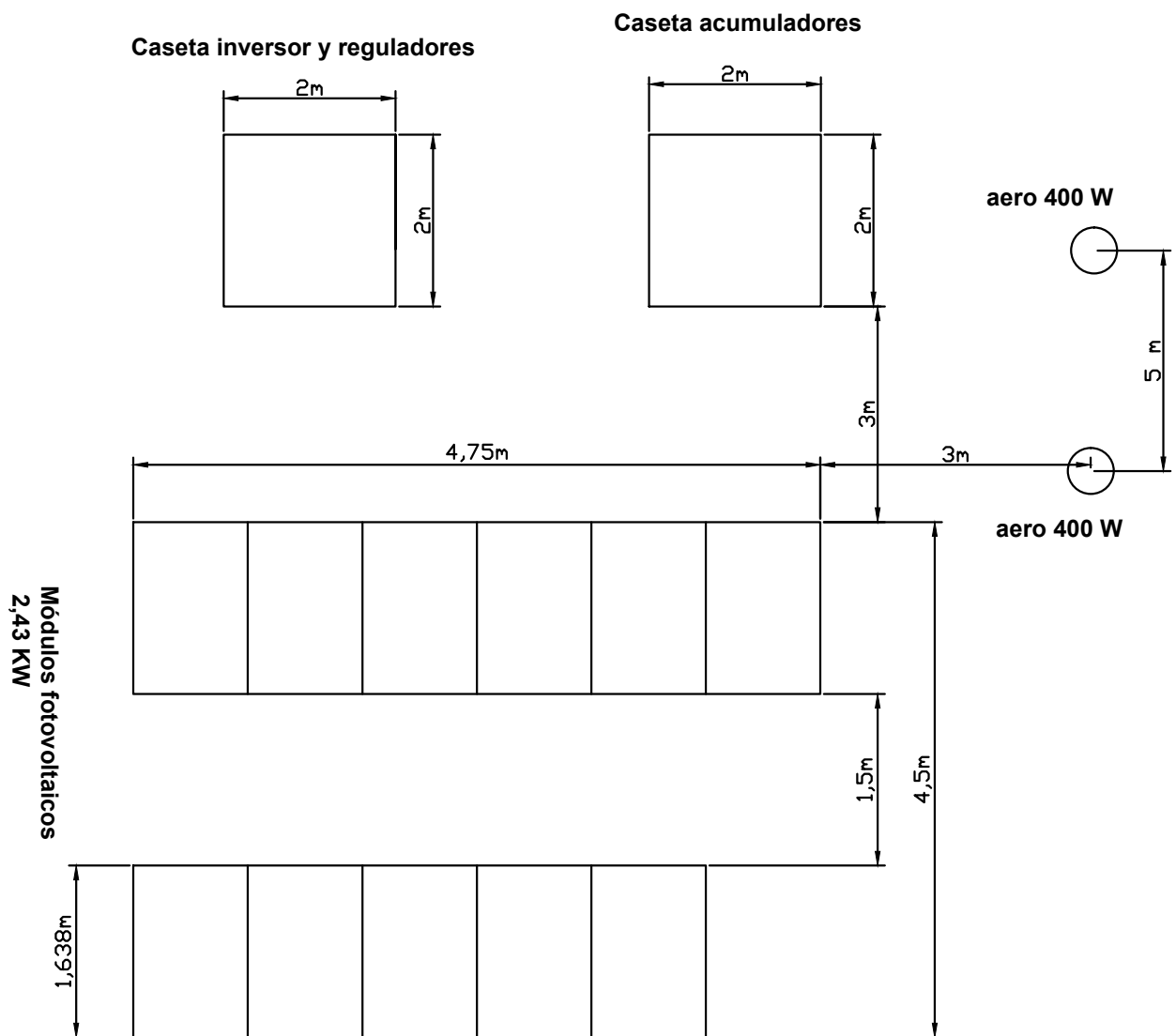
Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM` Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A4	TITULO: SITUACIÓN	
Director: Ricard bosch tous	Escala: 1:130000	Fecha:15/05/2015	Plano nº: 3



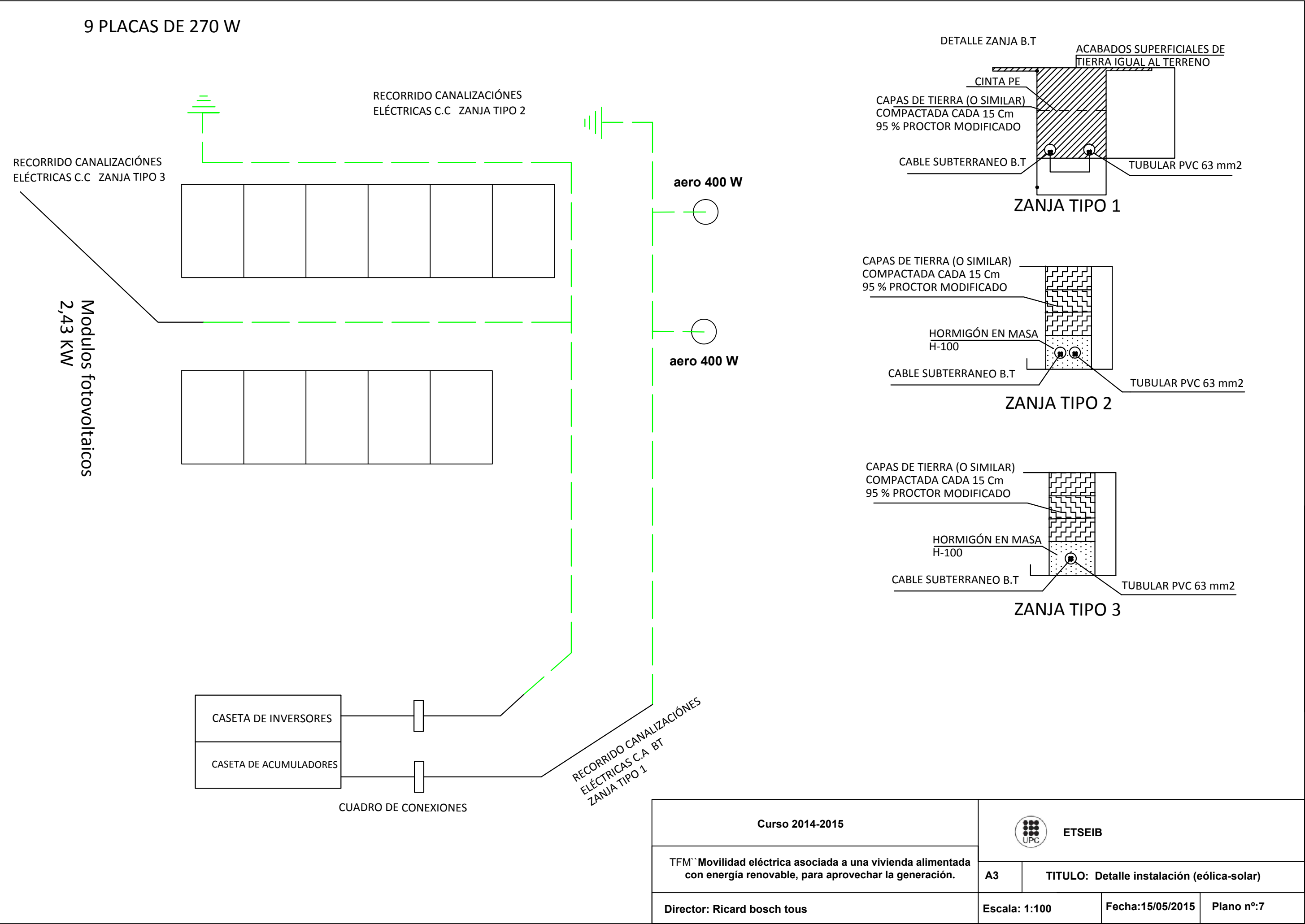
Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM` Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A4	TITULO: SITUACIÓN	
Director: Ricard bosch tous	Escala: 1:3000	Fecha:15/05/2015	Plano nº: 4



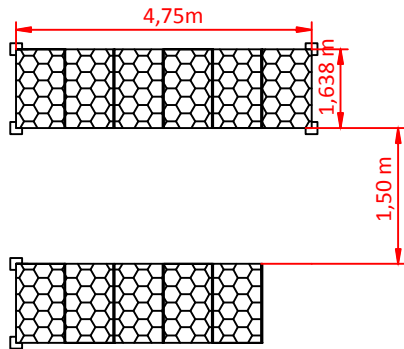
Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM` Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A4	TITULO: SITUACIÓN	
Director: Ricard Bosch Tous	Escala: 1:1000	Fecha: 15/05/2015	Plano nº: 5



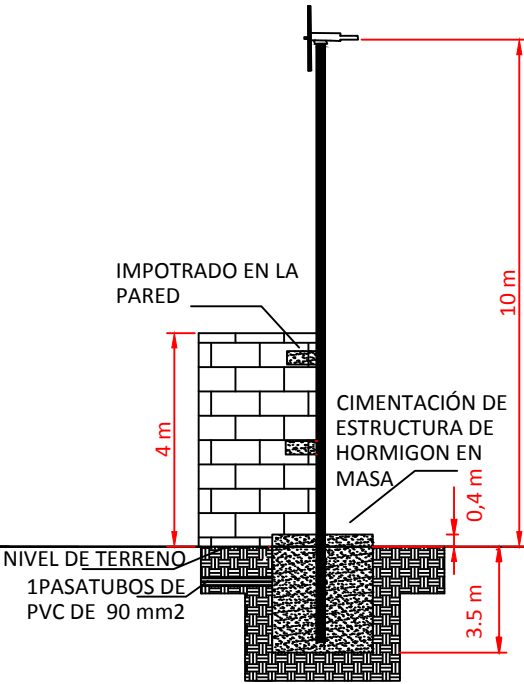
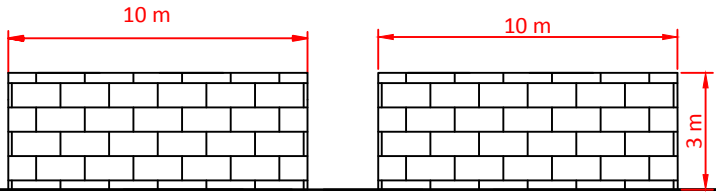
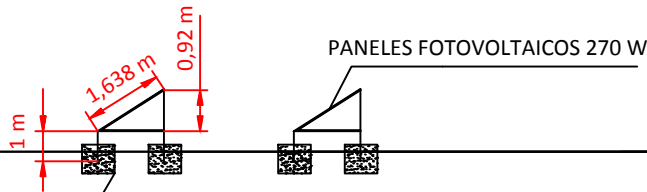
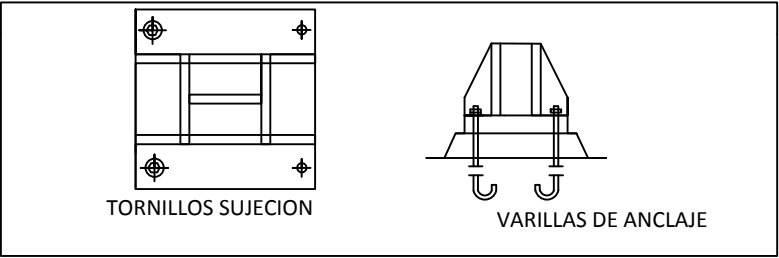
Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM: Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A4	TITULO: Instalación híbrida(eólica-solar)	
Director: Ricard Bosch Tous	Escala: 1:1000	Fecha: 15/05/2015	Plano nº: 6



6 PANELES FOTOVOLTAICOS 270 W

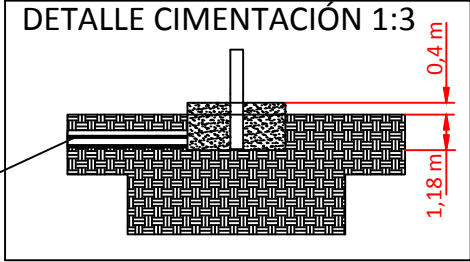


DETALLE ANCLAJE ESTRUCTURA




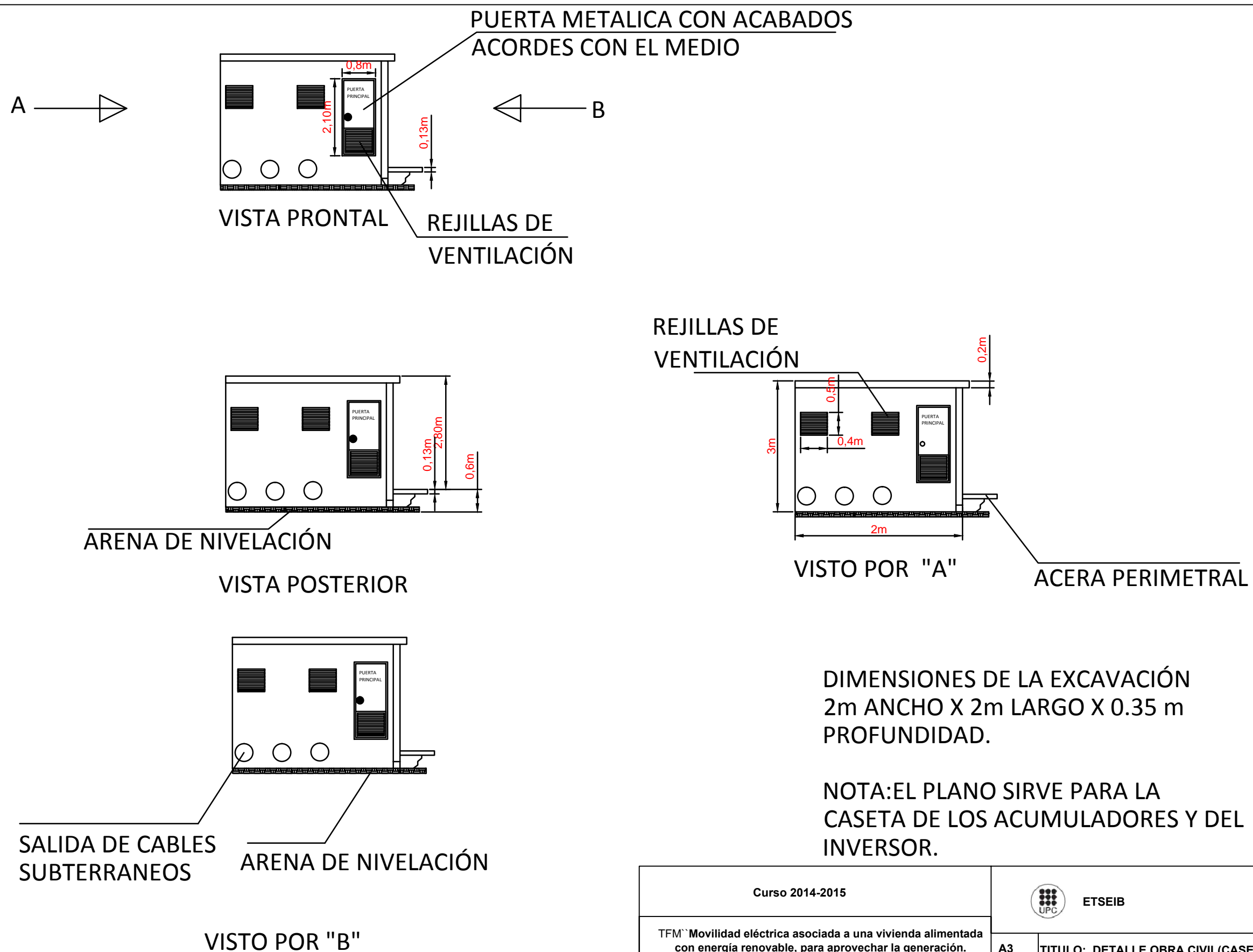
DETALLE CIMENTACIÓN 1:3


1 PASATUBOS DE
PVC DE 63mm2

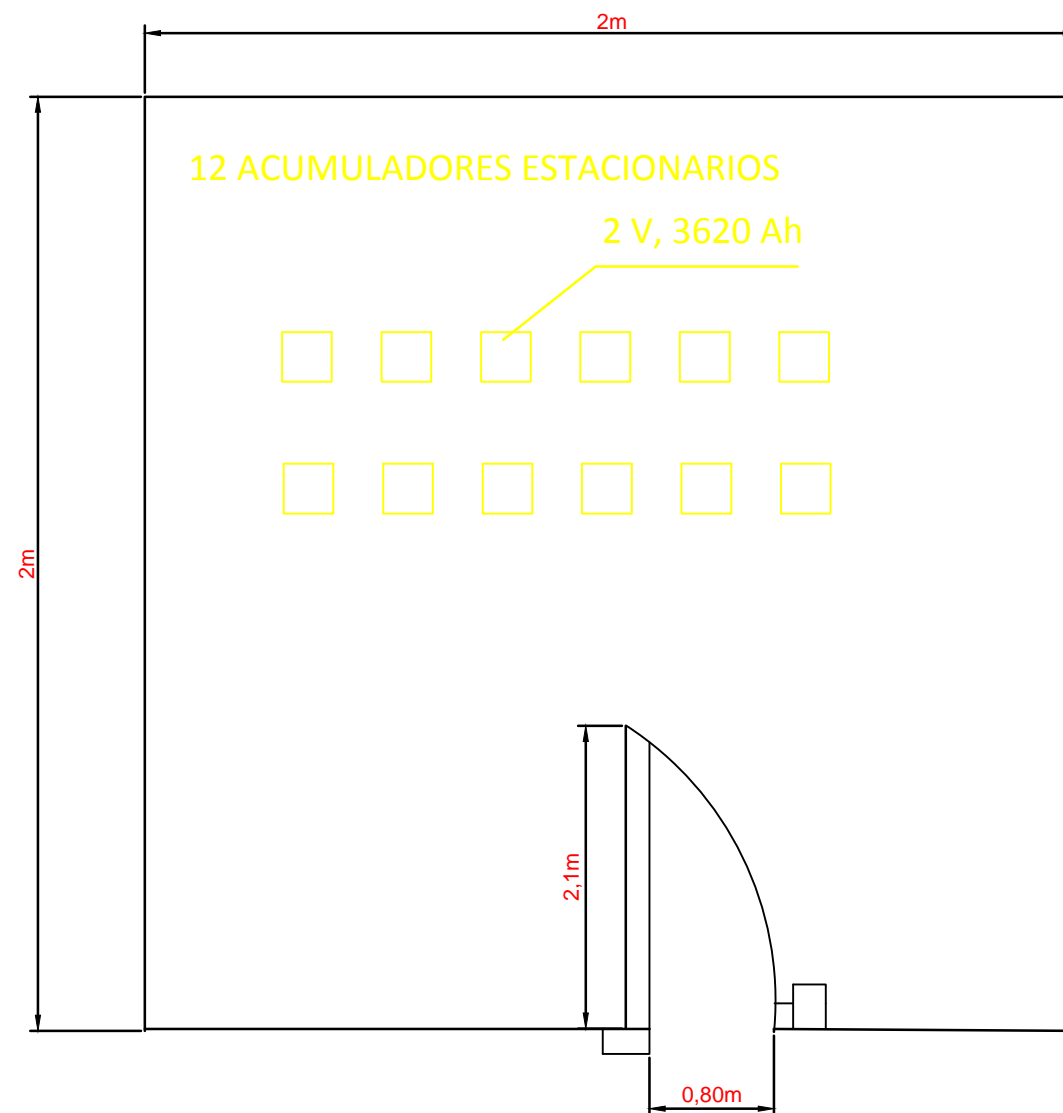
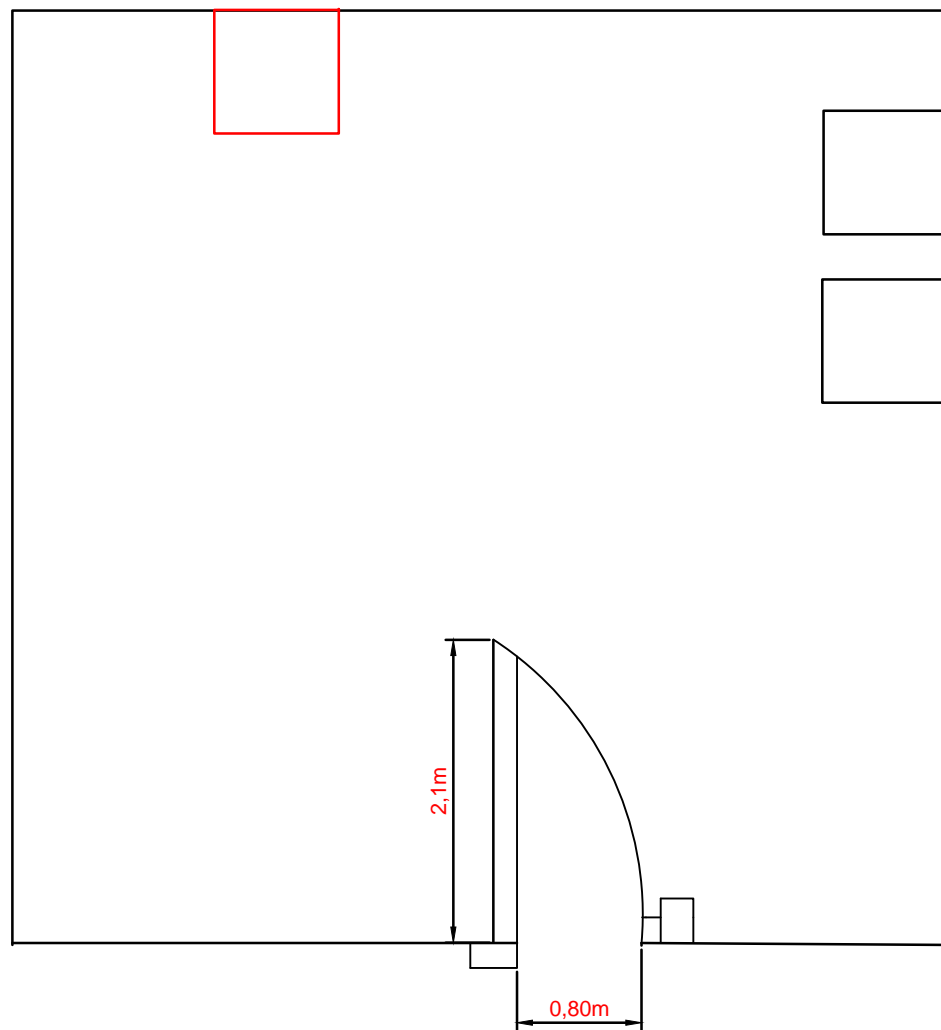


PAREDES DE LAS CASITAS DE
LOS INVERSORES Y
ACUMULADORES

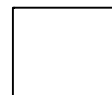
Curso 2014-2015	 ETSEIB		
TFM` Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.	A3	TITULO: estructura(eólica-solar)	
Director: Ricard bosch tous	escala:1/200	Fecha:15/05/2015	Plano nº8



Curso 2014-2015		 ETSEIB	
TFM: Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.		A3	TITULO: DETALLE OBRA CIVIL(CASETA)
Director: Ricard Bosch Tous		Escala: 1:100	Fecha: 15/05/2015 Plano nº: 9



LEYENDA




REGULADORES DE CARGA 24 V, 60 A



INVERSOR VICTRON ENERGIE ,
V=230 V,P=3000 W



ACUMULADORES
ESTACIONARIOS
24V, 1525 Ah

Curso 2014-2015		 ETSEIB	
TFM` Movilidad eléctrica asociada a una vivienda alimentada con energía renovable, para aprovechar la generación.		A3	TITULO:SALA INVERSORES Y ACUMULADORES
Director: Ricard bosch tous		Escala: 1:100	Fecha:15/05/2015 Plano nº: 10

